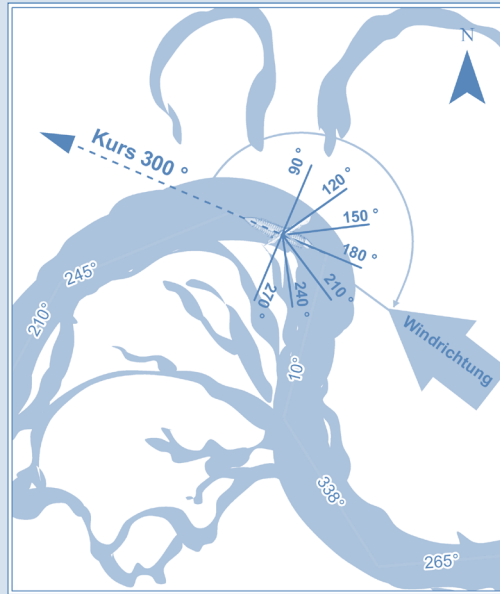
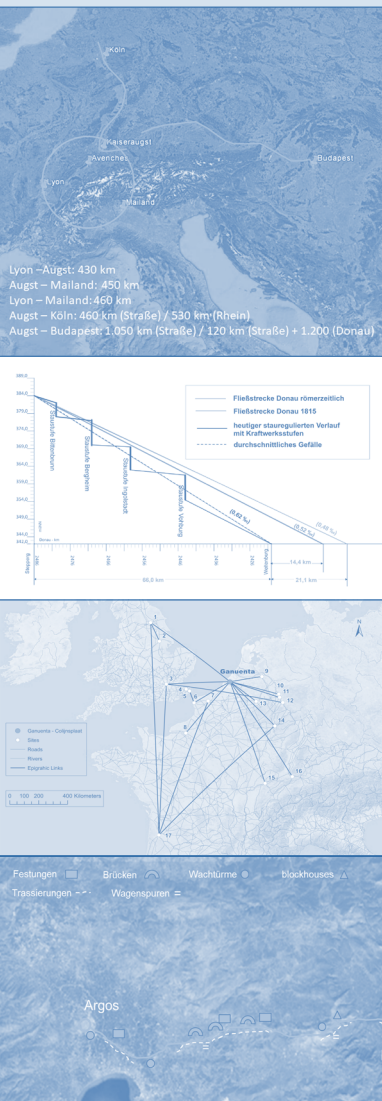
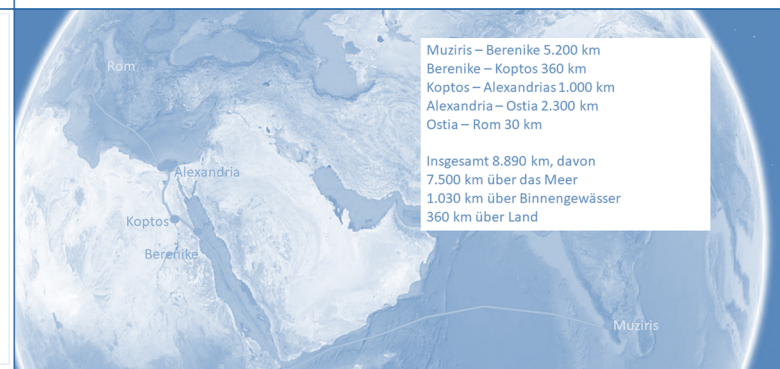
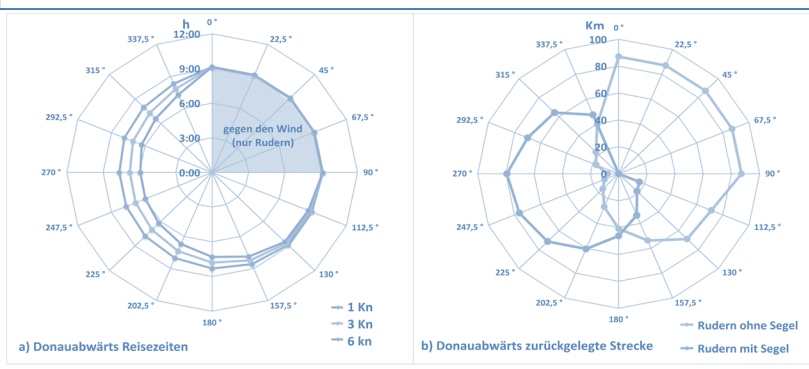
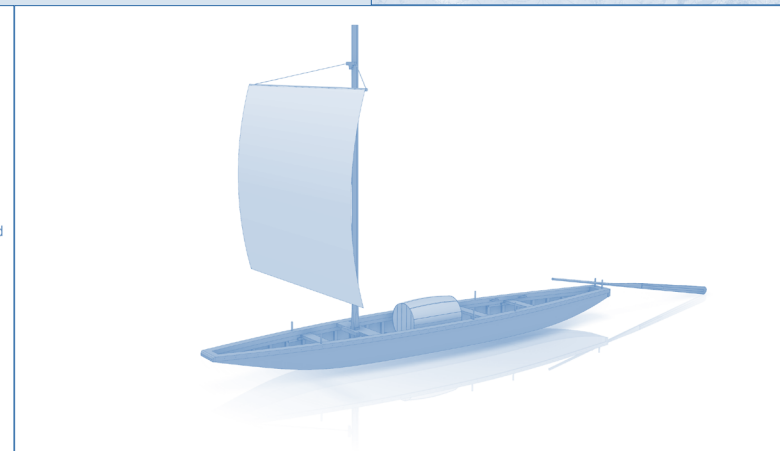
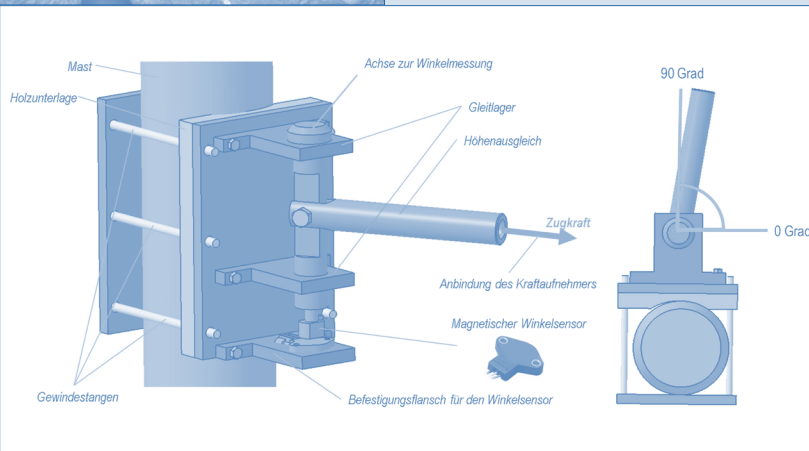


Simulation



von Handel und Transport in der Antike



Editorial: Simulation von Handel und Transport in der Antike¹

Leif Scheuermann

Neben Ausgaben mit einem weiten Themenspektrum hat es sich *Digital Classics Online* (DCO) immer wieder zur Aufgabe gemacht, einzelne Hefte (ganz oder in weiten Teilen) einem spezifischen Thema zu widmen.² Auch war es DCO mehrfach möglich, Beiträge aus Vortragsreihen, Tagungen und Sektionen gesammelt zu veröffentlichen, wie z.B. bei der Sammlung der Beiträge des Digital Classicist Seminars Berlin (2012–2015)³ oder der Sektion „Das Meer in der Antike: Spaltung und Polarisierung“ des 52. Historikertages 2018.⁴ So sind auch die in dieser Ausgabe gesammelten Aufsätze aus einem internationalen Workshop hervorgegangen, welcher vom 17.–18. Oktober 2019 an der Karl-Franzens-Universität Graz⁵ in Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft Geschichte und EDV⁶ stattfand.⁷ Der zweitägige Workshop thematisierte computerbasierte Anwendungen zur Historischen Geographie der Alten Welt, wobei die Simulation des antiken Handels und Verkehrs im Fokus der Tagung standen.

Dementsprechend befassen sich auch die Beiträge dieses Heftes mit unterschiedlichsten Aspekten dieser Thematik, beginnend mit einer Einführung in Simulationstechnologie im Allgemeinen unter spezifischer Betrachtung ihres Nutzens und ihrer Grenzen für die Altertumswissenschaften. Am Ende dieses Beitrages stehen Ansätze zur Entwicklung dynamischer Simulationen antiker Transportzeiten zu Lande und zu Wasser.

Toon Bongers konzentriert sich in seinem Beitrag auf Wasserstraßen als effizienteste Transportwege für Güter in vormoderner Zeit. In seinem Beitrag präsentiert er seine Arbeiten im Rahmen des an der Universität Ghent angesiedelten Projektes ‘Inland Waterways in the Roman Transport Network’, in welchen er ein Geoinformationssystem zur Rekonstruktion des römischen Verkehrsnetzes im Einzugsgebiet der Schelde nutzt. Durch ‘Cost-Distance’- und ‘Accessibility’-Analyse gelingt es ihm zu zeigen, dass in der nordgallischen Region zumindest saisonal nutzbare Flüsse, trotz erheblicher Investitionen

1 Das Titelblatt enthält Abbildungen aus den Beiträgen dieses Bandes, die von der Redaktion farblich nachbearbeitet wurden. Die Abbildungsnachweise zu den Abbildungen finden sich in den jeweiligen Beiträgen dieses Bandes.

2 So z.B. die Vorstellung der Entwicklungen, welche aus dem vom BMBF geförderten Verbundprojekt “eXChange: Exploring Concept Change and Transfer in Antiquity” (2012–2015) hervorgegangen sind (DCO 3,1 [2017]), oder das Themenheft: *Papyrologica digitalia Lipsiensia* (DCO 2,2 [2016]).

3 DCO 3,2 (2017).

4 DCO 5,1 (2019).

5 Die Tagung wurde durch die finanzielle Unterstützung des Rektorats der Karl-Franzens-Universität Graz sowie der geisteswissenschaftlichen Fakultät der Universität ermöglicht, denen an dieser Stelle herzlichst gedankt sei.

6 Die Arbeitsgemeinschaft Geschichte und EDV e.V. (AGE) ist eine Vereinigung zur Förderung des EDV-Einsatzes als Mittel der Forschung und Lehre in den Geschichtswissenschaften. Nähere Informationen finden sich unter der URL: <http://https://www.age-net.de/> (zuletzt abgerufen am 14-05-2020).

7 Für weitere Informationen zur Tagung „Simulation von Handel und Verkehr in Kriegs- und Friedenszeiten der Antike“ siehe: <https://informationsmodellierung.uni-graz.at/de/neuigkeiten/detail/article/simulation-von-handel-und-verkehr-in-kriegs-und-friedenszeiten-der-antike/> (zuletzt abgerufen am 14-05-2020).

in die Schiffbarkeit, die bei weitem kostengünstigsten Verkehrswege waren, wohingegen die generelle Erreichbarkeit in römischer Zeit in erster Linie vom Zugang zum Straßennetz abhing.

Auch Uwe Arauner thematisiert Flüsse in antiker Zeit – genauer gesagt die Donau im Ingolstädter Becken. Dabei zeigt er Wege auf, wie in der Kombination von naturwissenschaftlichen Daten und historischen Zeugnissen Flusslandschaften detailliert rekonstruiert werden können. In einem zweiten Schritt kombiniert er dieses Modell der Donau in römischer Zeit mit experimentell ermittelten Leistungsdaten des Nachbaus eines Flussschiffs des römischen Militärs, und ermittelt so erstmals realitätsnahe und quantifizierbare Reisezeiten für eine römerzeitliche Flussschifffahrt.

Mit der Fortbewegung auf Binnengewässern befasst sich auch der Beitrag „... treidelten wir das Schiff mit Mühe in den Hafen des Arsinoites“ von Patrick Reinard. Angeregt durch einen Papyrus an Ptolemaios III. Euergetes I aus dem Jahr 222 v. Chr., in dem der Schiffsspediteur Libys von einer sturmbedingten Beschädigung seines Lastkahns spricht, beschäftigt sich Reinard mit den verschiedenen Antriebsarten von Prahmen, wobei er Experimentaldaten eines Forschungsprojektes zu Geschwindigkeiten in Korrelation zur Fließgeschwindigkeit des Flusses, zu den Segeleigenschaften der Boote und zum Kraftaufwand beim Staken und Treideln vorstellt. Abschließend zeigt der Autor, wie sich diese naturwissenschaftlichen Werte in Modellrechnungen integrieren lassen und welcher Mehrwert sich daraus für die Historische Geographie ergibt.

Klaus Tausend begibt sich mit seinem Aufsatz auf den festen Boden Griechenlands und stellt Methoden zur Rekonstruktion antiker Straßen vor, wobei sein Hauptaugenmerk auf der Autopsie der heute noch in der Landschaft sichtbaren Überreste liegt, welche er mit Altkarten, Reiseberichten der frühen Neuzeit sowie antiken Quellen kombiniert. Doch, so schließt Tausend, sei eine annähernde Sicherheit nur dann zu erreichen, wenn die einen Weg belegenden Wagenspuren gefunden und hinsichtlich ihrer Aussagekraft interpretiert werden können.

Einen ganz anderen Ansatz in der weiten Thematik dieses Heftes – Simulation von Handel und Verkehr der Antike – verfolgt abschließend Ulrich Fellmeth, wenn er nach den *Möglichkeiten und Grenzen der Quantifizierung und Modellierung von antiken Handels-Transportbedingungen* fragt. Aus ökonomischer Perspektive beleuchtet er bestehende statische Berechnungen zu Transportkosten in absoluten Zahlen und zeigt auf, dass die entstehenden Ergebnisse so der Realität nicht entsprochen haben können. Stattdessen schlägt er vor, Gewinne und Kosten von Handelsgeschäften anteilig zum Warenwert zu formulieren und dadurch die Rentabilität solcher Geschäfte in den Fokus zu nehmen. Er entwickelt eine Methode, die auf der Grundlage antiker Quellen Gewinne, Kosten und Rentabilität in mathematische Gleichungen umsetzt und die Variablen adaptiv konsolidiert, bis sich eine angemessene Rentabilität ergibt. Dabei gibt er zu bedenken, dass dies jeweils für die unterschiedlichen Warengruppen, Verkehrsträger, Räume und Zeiten zu erfolgen habe, wobei das zentrale Problem in der Auffindung einer ausreichenden Zahl an gut dokumentierten Handelssereignissen liege.

Den Band beschließt Wolfgang Spickermann mit einem Kommentar, der die einzelnen Beiträge nochmals in einen größeren Kontext einbettet und einen persönlichen Ausblick auf die Chancen gibt, die sich durch Nutzung der Simulationstechnologie für die Altertumswissenschaften ergeben.

Autorenkontakt⁸

Priv.-Doz. Dr. Leif Scheuermann M.A.

Institut Zentrum für Informationsmodellierung – Austrian Centre for Digital Humanities
Karl-Franzens-Universität Graz
Elisabethstraße 59/III,
8010 Graz, Austria

E-Mail: Leif.Scheuermann@gmail.com

⁸ Die Rechte für Inhalt, Texte, Graphiken und Abbildungen liegen, wenn nicht anders vermerkt, bei dem Autor. Alle Inhalte dieses Beitrages unterstehen, soweit nicht anders gekennzeichnet, der Lizenz CC BY 4.0.

Geschichte der Simulation / Simulation der Geschichte. Eine Einführung¹

Leif Scheuermann

Abstract: In recent years, simulation has become one of the central methods in natural and technical sciences. However, until today it has played a largely peripheral role in historical sciences, not the least due to the lack of awareness of the possibilities and limits of the technology. In a double approach, the following paper tries to remedy this. On the one hand a close look at the historical development of technology will be taken in order to derive a clear definition of simulation and on the other hand the value and the limits for its use in historical sciences and the existing approaches in ancient studies are discussed. After a general look at simulations of antiquity, the paper focuses on the use of simulation technology for researching transport and traffic in antiquity and concludes with the presentation of considerations for the implementation of a dynamic simulation of ancient transport times.

Einführung

Welche Bedeutung Simulationen in der Gegenwart zukommen, zeigt sich spätestens bei einem Blick auf die Lage der Welt zu Beginn dieses Jahres (2020). Über Kontinente hinweg kommt das kulturelle wie ökonomische Leben zum Erliegen, um den Prognosen zur ungehemmten pandemischen Ausbreitung des Coronavirus SARS-CoV-2 entgegenzutreten. Staaten investieren Milliarden und beschneiden selbst die Menschenrechte ihrer Bevölkerung, um der berechneten Überbeanspruchung der Gesundheitssysteme Herr zu werden. Das eigentlich Neue hierbei ist, dass Simulationsdaten zum Maß aller Dinge werden, da bei Eintritt des errechneten schlimmsten Falls (worst case) die Folgen gesellschaftlich als unvertretbar angesehen werden. Die Immanenz, die sich in den realen Zahlen an Erkrankten und Verstorbenen überall auf der Welt zeigt, lässt dabei (weitestgehend) Kritiker*innen der Simulationsmodelle verstummen, ganz im Gegensatz zur der aktuellen, mindestens genauso bedrohlichen, jedoch zeitlich weitaus längerfristigen Klimakrise, welche immer noch von zahlreichen (politischen) Akteur*innen angezweifelt wird. Gemein ist jedoch der akuten Pandemie wie auch der sich langfristig zeigenden, katastrophalen Erwärmung der Welt, dass sie vorab anhand von Rechenmodellen prognostizierbar erscheinen und dadurch den Folgen entgegengewirkt werden kann. Die Welt wird berechenbar und die zukünftige Realität zur Simulation.² Darin offenbart sich in der Gesamtgesellschaft ein Prozess, der in weiten Teilen der Naturwissenschaft und Technik bereits abgeschlossen ist. In den letzten Dekaden wurden

1 An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich für die Kooperation meiner Kollegen bedanken, die mir in einer Zeit, in der die meisten Bibliotheken geschlossen waren, mit Informationen und Literatur zu den im Beitrag genannten Projekten zur Seite gestanden sind. Dies sind: Dr. Hannes Lehar, Universität Innsbruck; Dr. Patrick Reinard, Universität Trier; Prof. Dr. Peter Scholz, Universität Stuttgart; Prof. Dr. Wolfgang Spickermann, Universität Graz sowie Dr. Pascal Warnking, Universität Trier. Ferner danke ich meinen langjährigen Korrekturleser*innen Anita Neudorfer und Dr. Walter Scheuermann.

2 Baudrillard spricht hier von einer Hyperrealität, die das Reale überlagert und ersetzt. Auf die sich daraus ergebende Gesellschaftskritik kann an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Siehe hierzu: Baudrillard (1981); Baudrillard u.a. (2011).

Simulationen zu zentralen Arbeitsweisen, sei es in der Astronomie, der Biologie, der Medizin, aber auch in der Kerntechnik oder der Fertigungstechnik, um nur ein paar Beispiele zu nennen. In den historischen Wissenschaften hingegen, erscheint die Nutzung von Simulationen noch weitestgehend ein Desiderat der Forschung. Nachdem in der letzten Ausgabe der ‚Digital Classics Online‘³ bereits eine methodologische Betrachtung der Simulation als Quelle für die Altertumswissenschaften erschienen ist, wird in diesem Beitrag ein historischer Zugang gewählt, um eine Bestimmung moderner wissenschaftlicher Simulationen zu erreichen. Anschließend daran werden der spezifische Nutzen, aber auch die Grenzen des Einsatzes der Simulationstechnologie für die historischen Wissenschaften thematisiert.

Nach diesen weitestgehend theoretischen Ausführungen zur Geschichte der Simulation und der Simulation von Geschichte erfolgt in einem zweiten, praktischen Teil des Beitrags eine Vorstellung von Projekten in den Altertumswissenschaften, in denen bereits Simulationstechnologie zum Einsatz kommt. Dabei gilt es allerdings zu konstatieren, dass es sich hier noch weitestgehend um einen blinden Fleck in der Forschung handelt. Eine Ausnahme machen hier die Bereiche der Historischen Geographie und Landschaftsarchäologie, welche in den Fokus der Betrachtungen gerückt werden. Ein besonderes Augenmerk wird dabei (auf Grund seines allgemeinen Bekanntheitsgrades) auf das ORBIS-Projekt der Stanford University zu legen sein, aber auch auf Ansätze der Universität Trier zur Simulation antiker Seerouten. Daran anschließend möchte dieser Beitrag zuletzt eine Zukunftsperspektive eröffnen, indem er einen Ansatz zur Simulation von Reise- und Transportzeiten über Straßen und Flüsse skizziert.

Eine kurze Geschichte der Simulation

Vorgeschichte

Das Wort *simulatio* besitzt vor der heute gebräuchlichen Nutzung bereits eine erhebliche Vorgeschichte. So findet es sich in Ciceros *De officiis* mit der Bedeutung Vortäuschung falscher Tatsachen⁴ oder rechtlich noch verbindlicher mit Aquilius als „arglistige Täuschung“⁵, die nicht zuletzt aus Vernunftgründen keinen Platz im Leben des Einzelnen haben dürfe.⁶ Für die List des Odysseus, sich als Wahnsinniger zu gebärden, um nicht in den Trojanischen Krieg ziehen zu müssen, wird ebenfalls das Wort *simulatio* genutzt. Diese Handlung wird zwar als für den Helden und dessen Familie nützlich, doch als moralisch zutiefst verwerflich und unvertretbar geschildert.⁷ Weniger drastisch nennt Cicero jedoch auch die geistreiche Rede, wie sie Sokrates geführt habe, synonym zu „Ironie“ *simulatio* im Sinne von „Verstellung“ zu Gunsten des Gesprächs.⁸ Dies sind nur einige wenige Beispiele, doch spiegeln sie den Gebrauch des

3 Scheuermann (2019b).

4 *Talis autem simulatio vanitati est coniunctior quam aut liberalitati aut honestati.* [Cic. off. I,44].

5 *Nondum enim C. Aquilius, collega et familiaris meus, protulerat de dolo malo formulas; in quibus ipsis, cum ex eo quaereretur, quid esset dolus malus, respondebat, cum esset aliud simulatum, aliud actum.* [Cic. off. II,60]. Siehe auch: Cic. off. III,74.

6 *Quod si Aquiliana definitio vera est, ex omni vita simulatio dissimulatioque tollenda est. ... Dolus autem malus in simulatione, ut ait Aquilius, continetur.* [Cic. off. II,61]. Siehe auch Cic. off. II,64 Cic. off. II,68.

7 *Utile videbatur Ulixi, ut quidem poetae tragici prodiderunt, nam apud Homerum, optimum auctorem, talis de Ulixe nulla suspicio est, sed insimulant eum tragoediae simulatione insaniae militiam subterfugere voluisse. Non honestum consilium, at utile, ut aliquis fortasse dixerit, regnare et Ithacae vivere otiose cum parentibus, cum uxore, cum filio.* [Cic. off. III,97].

8 *De Graecis autem dulcem et facetum festivique sermonis atque in omni oratione simulatorem, quem eirona Graeci nominarunt, Socratem accepimus, contra Pythagoram et Periclem summam auctoritatem consecutos sine ulla Maritate.* [Cic. off. I,108]. Siehe auch: Cic. off. II,43.

Wortes in der römischen Antike recht umfassend wider. Bis in die Neuzeit ist Simulation die Verstellung eines/einer Akteurs*in, um etwas zu erreichen, sei es moralisch verwerflich oder aber rhetorisch ange-raten.⁹ In ganz ähnlicher Weise wird der Begriff noch in der Psychiatrie des frühen 20. Jahrhunderts ge-nutzt. Als Simulanten bezeichnete man hier die zahlreichen sogenannten „Schüttelneurotiker“, welche mit posttraumatischen Belastungsstörungen in die Heilanstalten eingeliefert und dort mit Stromschlägen behandelt wurden, um ihre Wehrtauglichkeit wiederherzustellen.¹⁰

Unabhängig vom Begriff der Simulation entwickelten Erzieher, wie der Mathematiker und herzoglich Braunschweigische Pagenhofmeister Johann Ludewig Hellwig¹¹ seit Ende des 18. Jahrhunderts unter-haltsame Spiele für die theoretische Ausbildung von „jungen Kriegern“¹² und die *Versinnlichung* der Kriegskunst.¹³ Diese können in ihrer Zielsetzung (der Ausbildung durch abstrahierte Nachahmung) wie auch der Umsetzung (in einem klar formulierten Regelwerk) zumindest als Vorstufen zu heutigen Si-mulationen verstanden werden. Bemerkenswert ist dabei, dass bereits Hellwig in seinem Vorwort die Problematik der Eingrenzung eines Szenarios, ebenso wie die Möglichkeit, ja Notwendigkeit der steti-gen Verfeinerung durch die Gruppe der Spielenden hervorhebt.¹⁴ Damit formuliert bereits Hellwig zwei grundlegende Charakteristika moderner Simulationen, nämlich die notwendige Definition und klare Ab-grenzung des Systems der Simulation sowie ihren Näherungscharakter.

Simulation im 20. und 21. Jahrhundert

Im Verlauf des zwanzigsten Jahrhunderts, änderte sich die Alltagssprachliche Verwendung des Begriffs Simulation hin zu einem naturwissenschaftlich-technischen Fachbegriff, wie Christiane Spath eindrück-lich am Wandel der entsprechenden Lemmata in populärwissenschaftlichen Lexika darstellt. Stand im

9 Siehe hierzu beispielhaft: Bacon (1985); Zedler (1731–1754). Des Weiteren findet sich im romantischen Kontext Simu-lation bzw. simulieren z.B. bei Bettina von Arnim oder Theodor Fontane als Synonym für „tagträumen“ bzw. „lebhaft imaginieren“ Siehe hierzu: Spath (2009), S. 10.

10 Der Vater der Psychoanalyse, Sigmund Freud, schreibt in einem Bericht an die K&K Kommission zur Behebung militä-rischer Pflichtverletzung hierzu:

„Es schien zweckmäßig, den Neurotiker als Simulanten zu behandeln und sich über den psychologischen Unterschied zwischen bewußter und unbewußter Absicht hinauszusetzen, obwohl man wußte, daß er kein Simulant sei. Diente seine Krankheit der Absicht, sich einer unleidlichen Situation zu entziehen, so grub man ihr offenbar die Wurzeln ab, wenn man ihm das Kranksein noch unleidlicher als den Dienst machte. War er aus dem Krieg in die Krankheit geflüchtet so wendete man Mittel an, die ihn zwangen aus der Krankheit in die Gesundheit also in die Kriegsdiensttauglichkeit zurückzuflihen. Zu diesem Zwecke bediente man sich schmerzhafter elektrischer Behandlung und zwar mit Erfolg.“ (Freud [1920]).

Zum Thema „Simulation beim Militär“ nimmt auch der Bericht des Generaloberarztes der königlich sächsischen Armee Ernst Georg Schill in der Deutschen medizinischen Wochenschrift 33/1907 dezidiert Stellung. Neben der „Krankheits-vortäuschung“ bzw. der „unwahren Behauptung über Schmerzen und zeitweise Funktionsstörungen“ werden hier auch Selbstverstümmelungen bzw. das Vortäuschen eines Unfalls, der zur Verstümmelung geführt habe, aufgeführt (Schill [1907]).

11 Hellwig (1803).

12 Hellwig (1803), IV.

13 Hellwig (1803), III.

14 Hellwig (1803), IX. Dies greift er nochmals in seinen abschließenden Bemerkungen auf, wenn er schreibt: „Es sind Regeln, nach welchen ich das Spiel spiele, und also für andere Liebhaber einer solchen Unterhaltung Vorschläge, die sie nach Willkür verändern, und wenn es möglich ist, woran ich gar nicht zweifle, noch verbessern und vermehren können. Die Mittheilung einer solchen Vervollkommnung dieses Spiels, das manche Theorien der Kriegskunst versinnlicht, würde mir angenehm sein. Bis jetzt hat man mir mehr die gefühlten Mängel desselben mitgeteilt, als Vorschläge wie solchen abgeholfen werden könnte.“ (Hellwig [1803], S. 181).

Brockhaus 1956 noch das Vortäuschen bzw. Vorspiegeln im Zentrum,¹⁵ so nennt die Auflage aus dem Jahr 1973 die Nachbildung naturwissenschaftlicher Prozesse und Systeme durch mathematische Modelle,¹⁶ wohingegen 2007 Simulation im Bereich der Informatik verortet wird.¹⁷

Diese Bedeutungsverschiebung im allgemeinen Sprachgebrauch bildet mit nur geringer zeitlicher Verzögerung die technologische und methodologische Entwicklung hin zu modernen Simulationssystemen ab,¹⁸ welche bereits 1945 durch die Entwicklung der sogenannten „Monte-Carlo“-Methode zur Simulation realweltlicher Phänomene unter Zuhilfenahme von Zufallszahlen im Kontext der Forschungen zur Atombombe im Los Alamos National Laboratory ihren Anfang nahm.¹⁹ Durch dieses Verfahren war die Einbeziehung von Wahrscheinlichkeiten in physikalische bzw. technische Berechnungen möglich geworden, was sich als bahnbrechend für die Berechnung natürlicher, also nicht vollständig determinierbarer Prozesse erwies.

Erste grundlegende wissenschaftliche Abhandlungen zur Theorie und Methode der modernen Simulationen wie *The Art of Simulation*²⁰ oder *Prospects for Simulation and Simulators of Dynamic Systems*²¹ erschienen in den folgenden zwei Dekaden, wobei die damals behandelten Fragen z.B. nach Modellierungsweisen und der Umsetzung bis heute zentral für jegliche Implementierung von Simulationssystemen sind.²² Dies zeigt sich beispielhaft in der Serie von den Memoranden, welche Philip Kiviat in den 1960er Jahren für die RAND Corporation²³ verfasste,²⁴ um den Stand der Forschung zu dem Thema für die Verantwortlichen der United States Air Force aufzubereiten.²⁵ Die Aufgabe von Simulationen definiert er im Band zum *Modeling Concepts*²⁶ als das Aufstellen und Erproben von numerischen, computerbasierten Modellen für die Vorhersage und Erklärung des Verhaltens von zeitabhängigen (dynamischen) Systemen. Voraussetzung hierfür sei eine hinreichende Vollständigkeit aller relevanten Aspekte, wobei dies, so der Autor, nur als Annäherung an und nie als erschöpfende Abbildung realweltlicher Systeme

15 Der Große Brockhaus in 12 Bänden, 1956, Bd. 10, S. 724 – nach Spath (2009), S. 11.

16 Brockhaus Enzyklopädie in 20 Bänden, 1973, Bd. 17, S. 444 – nach Spath (2009), S. 11.

17 Der Brockhaus: multimedial premium, 2007 – nach Spath (2009), S. 15. Eine parallele (wenn auch zehn Jahre frühere) Entwicklung kann Spath für den englischsprachigen Raum aufzeigen. Spath (2009), S. 18–22.

18 Einführend hierzu: Goldsman u.a. (2009); Nance / Sargent (2002).

19 Siehe hierzu: Metropolis (1987). Ermöglicht wurde diese Methode durch die Entwicklung des ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), des ersten elektronischen turingmächtigen Universalrechners. Für einen persönlichen Rückblick auf die Erfindung des ENIAC durch die Entwickler Arthur und Alice Burks siehe: Burks / Burks (1981); Burks / Burks (1988).

20 Tocher (1963).

21 Shapiro, George, Rogers, Milton (1967).

22 So kann es wenig verwundern dass der deutsche Wissenschaftsrat in seiner Stellungnahme zur Bedeutung von Simulationen in den modernen Wissenschaften von 2014 (Wissenschaftsrat [2014], S. 9) auf eine Definition aus dem Jahr 1975 (Shannon [1975]) zurückgreift.

23 Die RAND (Research AND Development) Corporation ist der zentrale Think-Tank der United States Air Force. Unter anderem entwickelte Paul Baran mit dem Memorandum RM-3767 vom August 1964 für diese Agentur die theoretischen Grundlagen des ARPA-Net, den Vorläufer des heutigen Internets. (Baran [1964]).

24 Von zentraler Bedeutung sind hierbei besonders zwei Bände: In „Modelling Concepts“ aus dem Jahr 1967 beschreibt er die Schritte, die nötig sind, um einen als System definierten Ausschnitt der Welt in einem Modell zu formalisieren (Kiviat [1967b]). Der Band „Programming Languages“ von 1969 umfasst eine Evaluation spezifischer für die Erstellung von Simulationen entwickelter Programmiersprachen (GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA, CSL) (Kiviat [1969]), welche im Folgenden im Zentrum der Betrachtungen stehen werden.

25 “The Memoranda are being written so that they build upon another and provide an integrated coverage of all aspects of simulation. They should be of particular interest to personnel of the AFLC Logistics Simulator Center, Wright-Patterson Air Force Base, and to Air Force system designers and analysts. Persons concerned with computer applications and computer programming in general should also find the series useful.” (Kiviat [1967b], iii).

26 Kiviat (1967b), S. 2–4.

geschehen kann.²⁷ Des Weiteren, so Kiviat, ist Simulation im Gegensatz zu analytischen Lösungsfindungen eine „experimental, numerical technique“²⁸ zur Analyse von Systemen, bei denen „klassische Experimente“ (unter kontrollierten Verhältnissen) auf Grund der Größe und Komplexität oder auch wegen der Auswirkungen auf die Umwelt nicht möglich sind und statistische Aussagen keine analytische Lösung zulassen.²⁹ Dabei generiere die Abänderung (*manipulation*) einzelner Variablen und deren Auswirkung für das Gesamtsystem adaptiv Einsichten in die Funktionsweisen. Als größtes Problem computerbasierter Simulationen nennt Kiviat die Leichtigkeit, mit der Programme erstellt werden können, die nur vorgeben, das Verhalten eines Systems zu repräsentieren, was er auf die eingängige Floskel zuspitzt: „It is one thing for a model to resemble a system, another to act like it.“³⁰ Um eine Entsprechung mit einem System jedoch zu garantieren, bedürfe es klarer Strukturen, der Definition des Umfangs des Systems (*purpose, scope, system boundaries*) sowie des Detailgrades (*accuracy, precision*) der Simulation und nicht zuletzt der Verifikation und Validierung durch externe Daten.

In einem zweiten Memorandum mit dem Titel „Digital Computer Simulation – Programming Languages“ ergänzt Kiviat 1969 seine theoretischen Ausführungen, durch die Betrachtung der statischen und dynamischen Anteile einer Simulation. Während die statischen Strukturen den Status und die Logik des Systems zeitunabhängig abbilden, werden in den dynamischen Systemprozessen die Interaktionen zwischen den einzelnen Akteur*innen im System repräsentiert.³¹ Während sich die Struktur durch Klassen, Objekte, deren Attribute und Beziehungen definieren lasse, müsse das dynamische Verhalten in Prozeduren oder Routinen³² ihren Ausdruck finden, welche wiederum aus Ereignissen (*events*), interaktiven Aktivitäten (*activities*) oder Prozessen (*transaction/flow*) bestünden.³³ Für eine vollständige Simulation, so der Autor, seien jedoch beide Anteile nötig, womit er die Möglichkeit einer statischen Simulation, in welcher „nur“ Zustände betrachtet werden, ausschließt.

Kiviats Memoranden zeigen, wie weit der Stand der methodischen Durchdringung und Ausdifferenzierung in einer Zeit war, deren technische Möglichkeiten heute geradezu vorsintflutlich anmuten. Die weitere Evolution der Simulationstechnik erfolgte im Kontext der revolutionären Entwicklung in der Computertechnologie, welche hochkomplexe Simulationsberechnungen mit großen Datenkorpora erst ermöglicht hat. Maßgebliche Änderungen ergaben sich dabei aus den allgemein bekannten generellen Fortschritten der EDV, also der immensen Vergrößerung der Rechenleistung und Speicherkapazität von Daten, der Entwicklung neuer Mensch-Maschine-(bzw. Maschine-Maschine-)Schnittstellen³⁴ und der Ausdifferenzierung der Programmierparadigmen und -sprachen, um nur die wichtigsten zu nennen.³⁵

27 “While some writers would define studies of systems that are completely described by solvable mathematical equations as simulation studies, this is not what we are describing. ... To us, simulation is the use of a numerical model to study the behavior of a system as it operates over time. In particular, we are interested in models that are implemented on digital computers – models that operate by advancing a system through time discrete steps rather than continuously, as done on analog computers.” (Kiviat [1967b], S. 4).

28 Kiviat (1967b), S. 4.

29 Kiviat (1967b), S. 6.

30 Kiviat (1967b), S. 8.

31 Kiviat (1969), S. 10.

32 Kiviat erläutert in einer Fußnote hierzu, dass er die Begriffe synonym nutzt. (Kiviat [1969], S. 16).

33 Die Ausrichtung auf eine dieser drei Elemente nutzt Kiviat auch zur Charakterisierung einzelner Simulationsprogrammiersprachen (Kiviat [1969], S. 14–26).

34 Darunter fallen die Entwicklung neuer Ausgabegeräte (und die damit verbundene graphische Aufbereitung der Daten), neuer Eingabegeräte, aber auch Computernetzwerke und hierbei besonders das World Wide Web.

35 Die generellen Entwicklungen können in diesem Beitrag jedoch nicht in extenso Betrachtung finden, da sie jeglichen Rahmen sprengen würden. Für eine prägnante Zusammenfassung mit weiterer Literatur siehe Sargent (2017), S. 7.

Während in den 1950er und 1960er Jahren die Entwicklung von eigenen Simulationsprogrammiersprachen im Vordergrund stand,³⁶ wurden – besonders durch das Aufkommen von (zuerst zwei- dann drei und vierdimensionalen) Graphiksystemen und Programmen zur Auswertung von Ergebnissen – die spezifischen Anwendungen immer zentraler. Hinzu kamen die Differenzierung und Spezialisierung der Simulationen in einzelnen Fachdisziplinen³⁷ und nicht zuletzt die Vereinfachung der Handhabung der Software sowie die Reduktion der individuellen Kosten für Infrastruktur, welche die globale Verbreitung von Simulationen erst ermöglichten. Dies führte spätestens seit der New Economy der 1990er Jahre zu einer Kommerzialisierung, die sich dadurch auszeichnete, dass zahlreiche Startup-Unternehmen ihre Chance sahen, Simulationssysteme als Individuallösungen für ganz spezifische Fragestellungen zur Verfügung zu stellen.³⁸ In diesem Kontext muss auch auf die technologischen Fortschritte im Bereich massiv parallele Systeme (Supercomputer) und Multiprozessorsysteme sowie – im größeren Rahmen – auf die Programmier-techniken der Modularisierung und Parallelisierung von einzelnen Simulationssequenzen in Kombination mit Möglichkeiten des vernetzten Rechnens verwiesen werden. In den 1980er Jahren entwickelt, wurden diese seit Beginn der 2000er Jahre (im Kontext des Web 2.0-Paradigma) mit Einführung des Grid-³⁹ und Cloud-Computing auf eine neue Ebene gehoben. Ziel dieser Entwicklung ist es letztlich, ein adaptives interaktives Framework zu schaffen, in dem für die unterschiedlichsten Fragestellungen ohne größeren Programmieraufwand virtuelle, maßgeschneiderte Simulationsumgebungen aufgebaut werden können.

Begriffsbestimmung von Simulation

Was ergibt sich nun aus der skizzierten Entwicklung der Simulation für eine grundlegende Bestimmung des Begriffs? Zum einen konnte gezeigt werden, dass es sich bei Simulation nicht oder nicht mehr um eine einheitliche Technologie, sondern um eine Methode oder noch weiter gefasst eine Herangehensweise handelt, welche sich in den weiten Bereichen der Natur- und Technikwissenschaften etabliert hat und hier zur maßgeblichen Argumentationsform geworden ist. Zum anderen kann aus dem Vorgestellten folgende, für die weiteren Betrachtungen maßgebliche, Definition,⁴⁰ abgeleitet werden:

Eine Simulation ist ein im naturwissenschaftlichen Paradigma verfasstes virtuelles, reproduzierbares Experiment zur Nachbildung eines Prozesses oder Zustands. Zielsetzung ist die Modellierung und Erprobung komplexer Systeme für die Gewinnung eines besseren Verständnisses von Abläufen und Wertigkeiten einzelner Faktoren sowie möglichst realitätsnaher Vorhersagen bzw. starker Eingrenzungen der naturwissenschaftlich möglichen Zukünfte (Möglichkeitsraum).

36 Für den Bereich der Simulation wurden in den 1950er und 1960er Jahren eigene Programmiersprachen wie CSL, SIMSCRIPT, SIMULA oder GGPS entwickelt, wobei die meisten dieser „höheren Sprachen“ auf Fortran oder ALGOL aufgebaut waren. Die spezifischen Simulationssprachen gerieten im Lauf der Zeit jedoch zu Gunsten der generelleren Sprachen in den Hintergrund oder entwickelten sich z.T. hin zu generellen Simulations-Werkzeugen mit graphischer Oberfläche. Für eine detaillierte Einführung in Simulationsprogrammiersprachen und die Beschreibung ihrer frühen Vertreter*innen siehe: Kiviat (1967a); Kiviat (1969). Für eine historische Betrachtung der Entwicklungen der Simulationsprogrammiersprachen siehe: Nance / Overstreet (2017), S. 244–246; Sargent (2017), S. 8.

37 Vorreiter waren hier die Physik und spezifisch die Meteorologie und die Kernphysik / Kerntechnik. Später folgten weitere technische Wissenschaften, wie Maschinenbau und Verfahrenstechnik sowie die Medizin und Biologie. Ferner hielt die Simulation Einzug in die Wirtschaftswissenschaften.

38 Dies zeigen Nance und Overstreet eindrucklich an der thematischen Verteilung von Beiträgen der *Winter Simulation Conference* zwischen 1967 und 2016 (Nance / Overstreet [2017], S. 247–250).

39 Einführend zum Begriff „Grid-Computing“ siehe: Stockinger (2007).

40 Siehe hierzu auch: Shannon (1975), S. 9; Spath (2009).

Unter Experiment wird dabei der Beleg einer klar definierten Hypothese im Rahmen einer wohldefinierten Versuchsanordnung (d.h. unter möglichst starker Isolation externer Faktoren mit einer vollständigen Dokumentation) verstanden. Ziel ist die Bestimmung des Einflusses einzelner Faktoren auf das Gesamtsystem durch deren Änderung sowie (daraus abgeleitet) die Vorhersage zukünftiger Experimente. Zentral dabei ist das naturwissenschaftliche Paradigma der Reproduzierbarkeit – d.h., dass bei annähernd gleichen Voraussetzungen stets dieselben Resultate produziert werden – und die heuristische Annahme eines geschlossenen Systems, welches hinreichend vollständig durch endlich viele Komponenten zeitlich und räumlich diskret bestimmt werden kann.

Zu Beginn bedarf es also immer einer klar definierten Fragestellung, auf deren Grundlage die Modellierung, als Abstraktion eines Ausschnitts von Realität in einem wohl definierten System, steht. Dieses kann entweder in einem realweltlichen Experimentalaufbau oder aber in virtueller Form, algorithmisch ausformuliert und numerisch implementiert, als Simulationssystem umgesetzt werden. Auf dieser Grundlage erfolgt das eigentliche Experiment, welches im Anschluss der realweltlichen Validierung z.B. durch andere Experimente bedarf. Hierbei kommt es zur adaptiven Annäherung des Modells an die Realität, so dass nach einer Phase der Validierung unter dem Axiom der Reproduzierbarkeit ein System der annähernden Vorhersage entsteht, welche mit jedem weiteren Experiment verbessert wird.⁴¹ Im Gegensatz zum realweltlichen Experiment hat die Simulation hierbei den großen Vorteil, dass auf Grund der starken Rechenleistungen moderner Systeme die Anzahl und Komplexität der Versuche fast beliebig gesteigert werden kann. Hier kommt die besondere (virtuelle) Qualität des Simulationsexperiments zum Tragen, wenn eine realweltliche technische Umsetzung zu teuer oder gefährlich ist (wie im Fall der Kerntechnik oder im Flugzeugbau), sich Phänomene nicht direkt beobachten lassen, da der Untersuchungsgegenstand zu groß, zu klein, zu schnell oder zu langsam ist (z.B. in der Molekularbiologie oder der Astrophysik) oder untersuchte Strukturen zu komplex oder noch nicht verstanden sind.

Simulation von Geschichte?

Auch muss hinzugefügt werden, dass bereits vergangene, naturwissenschaftlich fassbare Zustände und Prozesse ebenfalls prädestiniert dafür sind, in Simulationen abgebildet zu werden. Beispielhaft hierfür sind die Arbeiten in der Physik zu nennen, deren Ziel es ist, die Entstehung des Universums bis zum Urknall hin in Modellen zu fassen, welche dann in Simulationen validiert werden.

Diese Vorgehensweise erscheint, da sie auf physikalischen Prozessen und Berechnungen beruht, die auf den ersten Blick objektiv sind, was im unkritischen Gebrauch derselben letztlich zu dem absoluten und diktatorischen Anspruch führt, die Wahrheit der Geschichte zu besitzen.⁴² Die Autorität der Algorith-

41 Für eine detaillierte Beschreibung des Ablaufs einer Simulation siehe: Scheuermann (2019b).

42 Diese vermeintliche Autorität der Methode entspricht den zentralen Verlockungen der Nutzung der elektronischen Datenverarbeitung für die Historiographie. Michel de Certeau schreibt dazu in seinem weit über seine Zeit hinausreichenden letzten Werk mit dem Titel „Histoire et psychanalyse entre science et fiction“ bereits in den 1980er Jahren: „Für den Historiker ist das die Entdeckung der Schatzinsel: Endlich wird es ihm möglich sein, sich aus den kompromittierenden Beziehungen zu Rhetorik zu befreien und damit zum metonymischen oder metaphorischen Gebrauch der stets für das Ganze einstehenden Details und zu all den Kniffen der Redekunst. Und er wird sie auch aus der Abhängigkeit vom kulturellen Umfeld lösen, dessen Vorurteile im Vorhinein Postulate, Untersuchungseinheiten und Interpretationen erzeugen. Dank der Informatik kommt der Historiker nun in die Lage, die Zahlen zu meistern, Regelmäßigkeiten herzustellen und die Perioden nach Korrelationskurven zu bestimmen – drei neuralgische Punkte in seiner Forschungsstrategie. Ein statistischer Rausch hat also die Geschichtsforschung ergriffen. Und so füllen sich Bücher mit Zahlen, die Garanten der Objektivität bilden.“ (Certeau u.a. [2019], S. 73). Wie Certeau weiter zeigt, ist diese Art der quantitativen digitalen Geschichtswissenschaft letztlich auf die Beherrschung der Geschichte ausgerichtet. Dies wird nicht zuletzt durch die Entwicklung „künst-

men und die hyperreale Visualisierung führen zur Aufhebung der Bruchs zwischen dem Diskurs und dem Realen.⁴³ So wird der Jahrhunderte alte Traum befeuert, absolut und für alle Zeit zu wissen, wie es gewesen ist.⁴⁴ Darüber hinaus verspricht Simulation (so man diesen Machtphantasien nicht Einhalt gebietet) sogar die Herrschaft über das „was wäre, wenn“ in der Geschichte, da dies ja nun „experimental“ nachweisbar sei. Dies entspricht natürlich in keinem Fall dem Anspruch einer aufgeklärten digitalen Geschichte, weshalb die Grenzen der Nutzung einer Technologie klar abgesteckt werden müssen.

1. Zum einen muss festgehalten werden, dass die bereits von Wilhelm Dilthey⁴⁵ formulierte Trennung zwischen Natur- und Geisteswissenschaften auch für die Nutzung von Simulationen gilt. Simulationen sind, wie bereits dargestellt, klar im Bereich der Naturwissenschaften zu verorten, so dass menschliches Erleben und das daraus resultierende Handeln nicht simuliert werden kann. Einzig die natürlichen (physikalischen, biologischen etc.) historischen Lebensumstände sind durch Simulationstechnologie erfassbar, das menschliche Verhalten (von Gruppen oder Individuen) dazu jedoch nicht.
2. Als naturwissenschaftliche Methode sind Simulationen nicht individuell verifizierend, sondern falsifizierend.⁴⁶ Das heißt, dass – im Gegensatz zu belegenden Schriftquellen oder Messdaten – keine eindeutigen Aussagen zu Verhältnissen getroffen, sondern (lediglich) Möglichkeitsräume abgegrenzt und Wahrscheinlichkeiten berechnet werden können. Diese können (wie z.B. bei heutigen Wettervorhersagen) sehr stark eingegrenzt sein, so dass die Eintrittswahrscheinlichkeit einer möglichst exakten Prognose gegen 100% tendiert. Dennoch bleiben die Ergebnisse immer abgrenzend, d.h. es können nur Ereignisse und Zustände ausgeschlossen werden. Wie es sein wird (oder gewesen ist) kann hingegen nicht ermittelt werden und die Möglichkeit des Anderen ist (in Grenzen) stets gegeben.
3. Wie bereits im historischen Abriss und der Begriffsbestimmung betont wurde, spielt die Zeitlichkeit in Simulationen eine zentrale Rolle, wobei die Gerichtetheit dieser (von einem Zeitpunkt in die Zukunft oder in die Vergangenheit) auf Grund der physikalischen Gesetzmäßigkeit der modellierten Prozesse keinen Einfluss haben darf. Dennoch ist die überwiegende Mehrheit der heute bestehenden Simulationen prognostisch, also in die Zukunft gerichtet. Für historische Simulationen bedeutet dies, dass sie von einem Zeitpunkt in der Geschichte ausgehend, letztlich in unserer Gegenwart und darüber hinaus in die Zukunft reichen. Die entstehenden Möglichkeitsräume können also als historisch-prognostisch bezeichnet werden. Die dabei entstehenden Probleme liegen zum einen in der Bestimmung des Anfangspunktes, bzw. der historischen Ausgangsdaten, welche aus den klassischen historischen Quellen (und hier besonders archäologischen Quellen) konstruiert werden müssen, zum anderen aber auch darin, dass die Möglichkeitsräume alle historische Zustände und Vorgänge, welche durch die bestehenden Quellen individuell verifizierend dokumentiert sind, umfassen müssen. Dies hat positiv zur Folge, dass neben der experimentellen Simulation auch eine quellenbasierte Validierungsmöglichkeit besteht, wobei das Faktum, dass etwas auf eine

licher Intelligenz“, welche – so die Hoffnung mancher „digitaler Geisteswissenschaftler“ – die analytische Aufgabe des/der Historikers*in zu einem objektiven Ende führt, weiter befeuert.

43 „Der Einsatz des Computers in diesem Bereich lässt sich nicht von all den Glaubenseffekten trennen, die Historiker*innen erzielen können, und auch nicht von dem bei ihnen vorausgesetzten Glauben“ (Certeau u.a. [2019], S. 81).

44 Über diese Problematik in der Anwendung digitaler Techniken in der modernen Geschichtsforschung siehe u.a.: Scheuermann (2014), (2016).

45 „Die Menschheit wäre, aufgefasst in Wahrnehmung und Erkennen, für uns eine physische Tatsache, und sie wäre als solche nur den Naturwissenschaften zugänglich. Als Gegenstand der Geisteswissenschaften entsteht sie aber nur, sofern menschliche Zustände erlebt werden, sofern sie in Lebensäußerungen zum Ausdruck gelangen und sofern diese Ausdrücke verstanden werden.“ (Dilthey [2006], S. 376).

46 Popper (2013).

Weise historisch stattgefunden hat, den historisch-prognostischen Möglichkeitsraum eingrenzt, da eine zwingende Notwendigkeit des Geschehenen nur rekonstruktiv, also aus dem Blickwinkel des/der heutigen Betrachtenden besteht.

Für das Verhältnis von historischen Quellen und Simulationsresultaten ergeben sich aus diesen Ansätzen folgende Möglichkeiten:⁴⁷

1. Die historischen Quellen liegen im Möglichkeitsraum der Simulation. Daraus resultiert, dass die Simulation historisch valide ist. Dies heißt jedoch nicht, dass sie im ontologischen Sinne wahr wäre, sondern nur, dass das Modell nicht widerlegt werden kann. Darin unterscheidet sich dieses Modell jedoch nicht von allen anderen historischen Modellen, welche z.B. bei einem Neufund revidiert werden müssen.
2. Die Quellen stimmen nicht mit den Simulationsergebnissen überein.
 - a. Dies kann zum einen daher rühren, dass die Simulation fehlerhaft oder noch nicht präzise genug ist. Dies mag an falschen Grundannahmen bzw. Ausgangsdaten liegen oder aber am unzureichenden Modell. Eine Hinterfragung und Schärfung beider Faktoren ist ein maßgeblicher Teil des historischen Erkenntnisprozesses, welcher durch Simulation erfolgen kann. Hierzu gehört auch, dass möglicherweise die historischen Quellen nicht auf die Ergebnisse der Simulation bezogen werden können.
 - b. Die historische Quelle – und hier besonders die beschreibenden Quellen – dokumentieren nicht oder unzutreffend die naturwissenschaftlich begründeten Verhältnisse. So kann z.B. ein antiker Autor behaupten, er habe einen Weg in weitaus kürzerer Zeit zurückgelegt, als dies mit vormodernen Verkehrsmitteln möglich gewesen ist. Die Simulation kann des Weiteren zeigen, dass die minimale Reisedauer über der angegebenen liegt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Quelle falsch liegt, sondern vielmehr, dass der/die Autor*in etwas anderes aussagt. Die Aufgabe des/der Historikers*in ist es nun diese Diskrepanz zu thematisieren und Erklärungen hierfür zu finden.

Zusammenfassend zeigt sich also, dass Simulation als naturwissenschaftliches Verfahren durchaus einen Mehrwert für die historischen Wissenschaften besitzt. Wichtig dabei ist es allerdings, die spezifischen Grenzen im Blick zu haben und gerade nicht zu erwarten, dass die computerbasierte Simulation die Aufgaben des/der Historikers*in übernimmt. Sie ist eine Quelle, welche historisch kritisch zu interpretieren ist und ergänzt damit den klassisch-altertumswissenschaftlichen Kanon.

Simulationen in den Altertumswissenschaften – Stand der Forschung

Nach dieser generellen Erörterung von Simulation und deren möglichem Wert für die historischen Wissenschaften, wird im Folgenden ein genereller Blick auf bestehende Anwendungen von Simulationen in den Altertumswissenschaften geworfen werden, bevor dann speziell auf die Nutzung der Simulationstechnologie zur Berechnung möglicher Reisezeiten und -kosten eingegangen wird. Betrachtet man den Stand der Forschung, so zeigt sich, dass die in den Natur- und Technikwissenschaften eingeführte

47 Für eine ausführliche Betrachtung von Simulation als Methode in den historischen Wissenschaften siehe: Scheuermann (2019b).

Methode bis dato noch kaum Eingang in die historischen Wissenschaften gefunden hat. Dies geht einher mit einem unkritischen Umgang mit dem Terminus, was dazu führt, dass historische Computerspiele,⁴⁸ welche sich aus den Taktikspielen des 18. und 19. Jahrhunderts entwickelt haben,⁴⁹ ebenso als Simulation bezeichnet werden, wie 3D-Rekonstruktionen, oder die sogenannte *virtual reality*, die ein authentisches Antikenerlebnis⁵⁰ verspricht und somit einem ungehemmten Romantizismus Tür und Tor öffnet.⁵¹

Eine Sonderrolle in den ‚simulationsähnlichen‘ Technologien kommt den sogenannten ‚agentenbasierten Simulationen‘ zu.⁵² In diesen werden größere Prozesse als Summe vieler ‚Entscheidungen‘ unabhängiger Akteure (Agenten) modelliert, um eine Brücke zwischen der Mikro- und Makro-Ebene zu schlagen.⁵³ Eine große Anzahl dieser mit einem eigenständigen Satz an Regeln⁵⁴ ausgestatteten Agenten werden in virtuellen Experimenten in einem klar abgegrenzten Raum für eine gewisse Zeit miteinander ‚konfrontiert‘. Die häufige Wiederholung dieser Experimente führt dann letztlich zu einem statistisch relevanten Ergebnis,⁵⁵ wobei die Verfeinerung der Regeln für die Akteure ebenso analytisch Betrachtung findet, wie das Ergebnis der Berechnungen.

Insofern ist eine Nähe zu Simulationen, wie sie hier definiert wurden, nicht von der Hand zu weisen. Als problematisch erweist sich jedoch, dass die Behauptung, es handle sich dabei um Simulationen im strengen Sinne, impliziert, dass das menschliche Verhalten zumindest auf Gruppen- bzw. gesellschaftlicher Ebene nicht auf den individuellen, (zumindest zu einem gewissen Maß) freien Entscheidungen der Einzelnen beruhe, sondern naturwissenschaftlichen Gesetzen folge,⁵⁶ welche zudem in einem stark begrenzten Regelwerk modellierbar seien. Zwar wird diese Annahme durch die Integration der Monte-Carlo-Methode⁵⁷ relativiert, die hermeneutische Dimension des menschlichen Erlebens⁵⁸ wird jedoch vollständig negiert, so dass die erzielten Ergebnisse auf Grund der unterkomplexen Modellierung allenfalls heuristischen, wenn nicht gar nur spekulativen Wert besitzen.

Neben dem weiten Feld an simulationsähnlichen Ansätzen finden sich einige wenige Projekte, die Simulationstechnologie aus den Naturwissenschaften einsetzen, wobei sie die Adaption der Technologie meist nur peripher thematisieren. So nutzt Monika Wirth in ihrer Dissertation zur Rekonstruktion bronzezeitlicher Gusstechniken zwar neben realweltlichen Experimenten und den nachfolgenden werk-

48 Siehe hierzu: Rollinger (2020); Vorwinckel (2009).

49 S.o.

50 Über die Unmöglichkeit ein solches Versprechen einlösen zu können siehe: Scheuermann (2014), (2019a).

51 Doch kann bei all diesen Anwendungen allenfalls von simulationsähnlichen Technologien gesprochen werden, da die aufgezeigten wissenschaftlichen Anforderungen nicht erfüllt werden. An dieser Stelle kann leider nicht weiter auf den wissenschaftlichen und didaktischen Wert solcher simulationsähnlichen Technologien en détail eingegangen werden.

52 Zum Einsatz agentenbasierter Simulationen in der Archäologie siehe u.a.: Wurzer u.a. (2015). Als Beispiel für den Einsatz in den Geschichtswissenschaften siehe: Ewert u.a. (2007).

53 Ein solcher Ansatz wird im allgemeinen Sprachgebrauch mit dem Begriff der Schwarmintelligenz in Beziehung gebracht. Siehe hierzu u.a. Bogon (2013).

54 Hier wird das zeitabhängige Verhalten der Agenten, das Verhalten zur Umwelt und besonders die ‚Interaktion‘ mit anderen Akteuren definiert, was auch Lernszenarien, also die adaptive Änderung der Regeln beinhaltet.

55 Neben anderen Modellen kam dieser Ansatz für die Modellierung der Corona-Pandemie zum Einsatz. Siehe hierzu u.a. Popper / Bicher (2020); Vermeulen u.a. (2020). Ein anderer Ansatz bildet das SEIR-Modell. Siehe hierzu u.a. Der Heiden / Buchholz (2020).

56 “This model is built on the grounds of the behavioral concept of rational choice, this implying the standard assumptions made in economic theory about the decision making of producers and consumers.” (Ewert u.a. [2007], S. 130).

57 S.o.

58 Dilthey (2006). Siehe auch: Scheuermann (2016).

stofftechnischen Untersuchungen der Gussstücke auch numerische Simulationsmodelle, doch werden (zumindest in der publizierten Form der Arbeit) keine näheren Angaben zu den Simulationen gemacht.⁵⁹

Ähnlich (wenn auch weniger ausgeprägt) verhält es sich mit den langjährigen akribischen Studien zu römischen Hypokaustenheizungen von Hannes Lehar.⁶⁰ Auch hier steht das realweltliche Experiment im Fokus der Betrachtungen. Die gleichzeitig in Kooperation mit der staatlichen Versuchsanstalt für Maschinenwesen am Technologischen Gewerbemuseum Wien (TGM) entstandene Simulation zur Rauchgasströmung unter Nutzung von Open-source CFD-Simulationssystemen (Computational Fluid Dynamics), findet hingegen in den Publikationen kaum ihren Niederschlag.⁶¹ Eine mögliche Begründung für dieses Phänomen liegt darin, dass die Expertise der Autor*innen (der Publikationen zu den Forschungen) im Bereich der Experimentalarchäologie liegt, wohingegen die computerbasierten Simulationen von externen Partner*innen durchgeführt werden, die ihrerseits wenig zu den fachspezifischen Fragestellungen beizutragen haben. Hinzu kommt, dass der Begriff der Simulation gerade in der Experimentalarchäologie sehr weit gefasst und nicht auf numerische Simulationen beschränkt ist,⁶² was in Kombination dazu führt, dass die Berechnungsgrundlagen und Verfahren der Simulation im Gegensatz zu den Ergebnissen der Experimente nicht im Zentrum stehen.⁶³

Auch im Bereich der Geschichtswissenschaften finden sich vereinzelt Projekte, die bestehende naturwissenschaftliche Simulationstechnologie nutzen, um spezifische historische Fragestellungen zu betrachten. So widmet sich der interdisziplinäre Forscherverbund „Reden ohne Mikrophon“⁶⁴ der Simulation und Analyse oratorischer Räume und Praktiken von der Antike bis in die Neuzeit. Ziel ist die Analyse der Beziehung von Raum und Sprechstimme und, daraus resultierend, der Anforderungen an die Redner*innen, der oratorischen Praktiken sowie der gesellschaftlichen Funktionen der Reden in öffentlichen (politischen, religiösen und jurisdiktionellen) Räumen.⁶⁵ Hierfür wurden (im althistorischen Kontext) verschiedene Rekonstruktionen der unterschiedlichen Ausbaustufen des Bouleuterions in Athen sowie der Curia in Rom in 3D-Modellen umgesetzt und in das für Akustik-Simulationen mittelgroßer und großer Räume ausgelegte Programm „Odeon“ integriert.⁶⁶ Die Software berechnet die Ausbreitung und Reflektion von Schall generell und ausgehend von unterschiedlichen Quellen im Raum, wobei verschie-

59 Wirth (2003).

60 Zentral hierfür: Lehar (2012), (2014), (2017), (2020).

61 Nur in Anhang 8 der über 800-seitigen Dissertation Lehars mit dem Titel: „Die römische Hypokaustenheizung: Berechnungen und Überlegungen zu Leistung, Aufbau und Funktion“ (Lehar [2012]) findet sich ein zusammenfassender sechsseitiger Bericht des TGM. Ferner sind die Berechnungsergebnisse im Katalogteil in Tabellenform und ohne bildliche Visualisierung abgedruckt.

Es bleibt zu hoffen, dass die angekündigten Studien von Ursina Jecklin-Tischhauser zu mittelalterlichen Heizsystemen (Jecklin-Tischhauser [2020 {in Vorb.}]) und des DAI-Rom zu Klimatisierung von Wohn- und Repräsentationsarchitektur in Rom und Latium, in welchen ebenfalls Simulationssysteme zum Einsatz kamen, ein verstärktes Augenmerk auf die numerische Umsetzung legen.

62 Hier verschwimmen die Begriffe Rekonstruktion, Reenactment und Simulation zusehends (siehe z.B. Lessig-Weller [2010] oder Vorwinckel [2009]), was eben dazu führt, dass selbst bei Einsatz computer-basierter Simulationen in der Experimentalarchäologie die simulationstechnologischen Spezifika nicht oder nur sehr am Rande thematisiert werden.

63 Dies liegt gewiss auch daran, dass die Fachwissenschaftler*innen für die Umsetzung computerbasierter Simulationen die Expertise externer Partner heranziehen müssen, da die Kompetenzen im Fach noch nicht in dem Maße vorhanden sind. Es bleibt zu hoffen, dass sich dies zukünftig ändern wird.

64 „Reden ohne Mikrophon“ ist eine seit 2012 bestehende Kooperation von Historiker*innen, Architekturhistoriker*innen, Rhetoriker*innen, Visualisierungsforscher*innen und Akustiker*innen der Universitäten Stuttgart und Tübingen. Weiteres hierzu findet sich unter der URL: <https://www.hi.uni-stuttgart.de/ag/forschung/rom/> (zuletzt abgerufen am 06-05-2020).

65 Fron u.a. (2020), S. 274–275.

66 Zur genutzten Software siehe: URL: <https://odeon.dk/> (zuletzt abgerufen am 06-05-2020). Diese Software ist spezialisiert auf Konzerträume, Theater, aber auch Sakralgebäude oder Bahnhöfe.

dene Oberflächen ebenso variiert werden können, wie Hintergrundgeräusche durch eine angenommene Zuhörerschaft. Ferner können Sprechweisen (mit unterschiedlicher Lautstärke, Geschwindigkeit etc.) variiert werden, woraus sich ein realitätsnahes Bild des antiken rednerischen Geschehens ergibt.

Die Fragestellungen des interdisziplinären Forscherteams betreffen die akustische Qualität der verschiedenen Rekonstruktionen der Gebäude, aber auch die Ausdehnung des Schalls auf die vorgelagerten Freiflächen, die idealen Positionen der Redner*innen und Zuhörerschaft und die Auswirkungen der unterschiedlichen Sprechweisen auf ein mögliches Verstehen.⁶⁷ Aus den erstellten Simulationen ergeben sich neue Einsichten in die Akustik antiker Räume, doch muss klar sein, dass nur sehr begrenzt Aussagen über das tatsächliche rednerische Geschehen oder gar die individuelle akustische Wahrnehmung der Akteur*innen getroffen werden können. Denn zum einen muss das bestmögliche Ergebnis nicht zwangsläufig der historischen Realität entsprechen und zum anderen ist das Hören, wie alle Wahrnehmungsarten, zumindest zu einem gewissen Grad erlernt (d.h. kulturell abhängig). Aussagen hierüber erschließen sich daher nur aus den beschreibenden Zeugnissen der Akteur*innen, doch kann das geschilderte Simulationssystem Möglichkeitsräume⁶⁸ akustischer Wahrnehmung eröffnen, in welchen sich die antike Wirklichkeit abgespielt haben muss.⁶⁹

Simulation von Transport und Verkehr der Antike

Zusammenfassend muss konstatiert werden, dass Simulationen trotz vielversprechender Ansätze in den Altertumswissenschaften bis dato generell noch eine marginale Rolle spielen. Eine Ausnahme stellt dabei jedoch die Historische Geographie dar⁷⁰ – und besonders die Erforschung von Handel und Verkehr in historischen und prähistorischen Zeiten –, da hier spätestens seit den 1990er Jahren⁷¹ Simulationen bzw. simulationsnahe Berechnungen im wissenschaftlichen Diskurs vertreten sind. Neben agentenbasierten Ansätzen,⁷² sind hier besonders Least-Cost-Path Berechnungen⁷³ und Netzwerkanalysen⁷⁴ zu nennen.

67 Für erste Ergebnisse siehe: Fron u.a. (2020) sowie im historischen Kontext: Fron / Scholz (2019), Scholz / Winkle (2019).

68 S.o.

69 Um es vereinfacht zu formulieren: Wenn der Schall nicht an einen Ort (z.B. außerhalb der römischen *curia*) in entsprechendem Maße gelangt ist, so kann auch der/die aufmerksamste Zuhörer*in nichts mitbekommen haben. Gleichzeitig muss jedoch die reine Tatsache, dass ein/eine Redner*in an einer Position zu hören gewesen sein muss, nicht bedeuten, dass ihm/ihr auch Gehör geschenkt wurde.

70 Historische Geographie wird hier in seiner weiten Bedeutung als Überbegriff für die Erforschung der Beziehung von Mensch und Landschaft verwendet und nicht als Teildisziplin der Geographie. Siehe hierzu: Olshausen (1991).

71 Leusen (1993), (1996); Verhagen u.a. (1995) Für einen Abriss der Forschungsgeschichte siehe: Verhagen u.a. (2019).

72 S.o. und einführend siehe hierzu: Wurzer u.a. (2015); Lake (2014).

73 Hier wird auf Basis der geographischen Gegebenheiten das ‚natürliche‘ Potential eines Ortes errechnet, als Weg zu dienen. Zentral hierfür ist der Energieaufwand, der benötigt wird, den Ort zu erreichen bzw. ihn zu durchqueren. Anschließend werden algorithmisch „Beste Wege“ (= energieeffizienteste Wege) durch ein Territorium errechnet, wobei davon ausgegangen wird, dass diese Least-Cost-Paths in der Vergangenheit auch erkannt wurden und Verwendung fanden. Maßgeblich wurde diese Methode entwickelt, um mögliche Wanderbewegungen prähistorischer Stämme zu rekonstruieren, wobei die Methode in Folge für historische Zeiten (und hier besonders die römische Antike) Anwendung fand. Weitere Entwicklungen betreffen die Integration natürlicher Hindernisse (wie Flüsse, Gebirge oder Moore) und den Übergang von einzelnen Routen hin zu Least-Cost-Korridoren. Einführend und zum Stand der Forschungen siehe zuletzt: Verhagen u.a. (2019) – mit weiterer Literatur.

74 In Kombination mit den Least-Cost-Berechnungen wurden Netzwerkanalysen entwickelt, die Energiekosten für vorgegebene historische Wege berechnen. Diese werden als Wertigkeiten den Start- und Endpunkten der Wege (meist Siedlungen) zugeordnet, welche in Folge als Knoten in einem Netzwerk verstanden und analysiert werden. Ziel ist es hierbei, die Langzeitentwicklung einer Region und transregionale Prozesse besser zu fassen und zu verstehen. Einführend und zum

Da bei diesen Berechnungen der zeitlich-dynamische Charakter zu Gunsten des Energieaufwandes, welche nötig ist, an einen Ort zu kommen, in den Hintergrund tritt⁷⁵ und eine experimentelle Validierung nicht möglich ist, kann auch hier wieder ‚nur‘ von Simulationsähnlichkeit gesprochen werden.

Das ORBIS-Projekt

Einen anderen Ansatz verfolgt das in weiten Kreisen der Altertumswissenschaften bekannte⁷⁶ ORBIS-Projekt der Stanford University,⁷⁷ dessen Ziel es ist, Reisezeiten und -kosten⁷⁸ zu Land und zu Wasser für das gesamte römische Reich in seiner größten Ausdehnung zu berechnen. Um eine so gewaltige Fläche⁷⁹ in wenigen Jahren (von 2011–2014) mit einer sehr begrenzten Anzahl an Mitarbeiter*innen zu erfassen, wurde der Fokus auf das Verkehrssystem als Ganzes gelegt. Dies hat allerdings zur Folge, dass die Distanzen der Strecken im System gravierend von den archäologisch rekonstruierten Entfernungen abweichen.

Um hier ein Beispiel anzubringen: Die schnellste Route zwischen Aquileia am Mittelmeer und Lauriacum⁸⁰ (heute Enns an der Donau) am Norischen Limes beträgt in ORBIS 436 km, dieselbe im archäologischen Befund gut dokumentierte Wegführung beträgt hingegen 468 km,⁸¹ also 32 km mehr (= 7 %).⁸² Eine solche Unschärfe bedeutet (nach den Berechnungen des ORBIS-Projekts)⁸³ mehr als einen ganzen Tagesmarsch zu Fuß und mehr als 2 ½ Tage Verzögerung mit dem Ochsenkarren.

Stand der Forschungen siehe zuletzt de Soto (2019) – mit weiterer Literatur.

- 75 Auch die Ansätze, die eine Korrelation zwischen Reisezeiten und Energieaufwand der Reise thematisieren (z.B. Groenhuijzen / Verhagen [2015]), bleiben letztlich statisch.
- 76 Grund für die Bekanntheit ist nicht zuletzt die leicht erreichbare Web-Präsenz und die einfache Handhabung. So wird es mehrfach im Internet als “Google Maps for the ancient world, complete with the ‘Avoid Highways’ feature” gepriesen, da man in ORBIS die besten, günstigsten und schnellsten Routen innerhalb des Verkehrsnetzes des Imperium Romanum finden könne. (URL: <http://www.scottbot.net/HIAL/index.html@p=15585.html> [zuletzt abgerufen am 06-05-2020]). Ähnliches findet sich z.B. unter der URL: <https://urbnet.au.dk/news/nyhed/artikel/digitizing-the-roman-imperial-road-network/> [zuletzt abgerufen am 06-05-2020]).
- 77 URL: <http://orbis.stanford.edu/> (zuletzt abgerufen am 06-05-2020).
- 78 Im Aufsatz von U. Fellmeth in diesem Band S. 137–154 (Fellmeth [2020]) werden explizit die wirtschaftlichen Aspekte des ORBIS-Projektes thematisiert, weshalb im Folgenden einzig auf die Reisezeiten eingegangen wird. Da die errechneten Kosten jedoch zentral von den genutzten Transportarten und -zeiten abhängen, ergibt sich, dass die Fehler in der Wege-Simulation sich auch auf die Kosten auswirken.
- 79 Das modellierte Straßennetz umfasst 84 631 km, welche 632 Orte miteinander verbinden. Hinzu kommen 28 272 km Flüsse und Kanäle (wobei nur 25 Flüsse im römischen Reich als schiffbar klassifiziert sind [Scheidel / Meek {2015}, S. 3]) sowie 1026 Seerouten mit einer Gesamtlänge von 192 810 km. Es erstreckt sich von der Atlantikküste im Westen bis zum Ostufer des Schwarzen Meers und vom Hadrianswall im Norden bis Koptos in Ägypten und deckt somit eine Gesamtfläche von beinahe 10 Millionen Quadratkilometer ab. (Scheidel / Meek [2015], S. 2).
- 80 Die Route führt über das Valle di Fiume und die Kärntner Seen zur norischen Provinzhauptstadt Virunum, von dort nördlich ins obere Murtal, über die Hohen Tauern ins Ennstal und Ovilia (heute Wels, Oberösterreich) nach Lauriacum (Enns an der Donau, Oberösterreich).
- 81 Rutter (2018).
- 82 Übertragen auf das gesamte Straßennetz ergäbe sich dabei eine Abweichung von knapp 6000 km (= 200 Tagesmärsche zu Fuß).
- 83 Hierauf wird im Folgenden noch Bezug zu nehmen sein.

Die eben erwähnten Kategorien (Fußmarsch und Ochsenkarren) sind zwei der neun Fortbewegungsweisen zu Land, welche in Orbis wählbar sind.⁸⁴ Die dazugehörigen durchschnittlichen täglichen Reichweiten der Verkehrsmittel sind, nach Angaben der Ersteller der Simulation, aus nicht näher spezifizierten antiken und vormodernen Quellen entnommen,⁸⁵ wobei gegebenenfalls Höhenunterschiede in den Wegstrecken mit 0,5–1,5 Extratagen einberechnet wurden.⁸⁶

Dasselbe gilt für die beiden Kategorien der Fortbewegung auf Flüssen: “Military” und “Civil”⁸⁷, wobei lediglich 29 Flüsse und Kanäle im gesamten römischen Reich als “major and reasonably reliable”⁸⁸ für eine ganzjährige Nutzung als Verkehrsweg angesehen werden,⁸⁹ was keinesfalls der historischen Realität entspricht.⁹⁰ Aus den Kombinationen der ‘Art der Fortbewegung’, der Richtung des Weges (flussaufwärts oder -abwärts) und einer Annahme der Fließgeschwindigkeit des Flusses ergeben sich in ORBIS folgende durchschnittlichen Tagesdistanzen:

84 Die Kategorien im ORBIS-System lauten:

“Foot (30 km/day); Oxcart (12 km/day); Porter (30 km/day); Horse (56 km/day); Private (36 km/day); Porter (50 km/day); Fast Carriage (30 km/day); Horse Relay (250 km/day); Rapid Military March (60 km/day).” (URL: <http://orbis.stanford.edu/> [zuletzt abgerufen am 06-05-2020]).

Über die Sinnhaftigkeit dieser Einteilung lässt sich streiten. Zur Erläuterung dieser z.T. nicht gleich eingängigen Einteilung schreibt Scheidel: “The model allows for fourteen different modes of road travel (ox cart, porter, fully loaded mule, foot traveler, army on the march, pack animal with moderate loads, mule cart, camel caravan, rapid military march without baggage, horse with rider on routine travel, routine and accelerated private travel, fast carriage, and horse relay) that generate nine discrete outcomes in terms of speed and three in terms of expense for each road segment.” (Scheidel / Meek [2015], S. 2–3). Siehe hierzu auch: Scheidel (2014), S. 8.

85 “Information on terrestrial and riverine travel speed was gathered from ancient and later premodern sources.” (Scheidel [2014], S. 8) In der Online-Dokumentation (Abschnitt Building/Roadtransport/Time) (Scheidel / Meek [2013–2015]) schreiben die Autoren hierzu: “Numerous studies were employed in establishing simulation parameters” und fügen insg. 39 Literaturangaben (mit Erscheinungsdaten zwischen 1897 und 2007) an, auf welche jedoch inhaltlich nicht weiter eingegangen wird. Stattdessen heißt es: “The considerable amount of relevant scholarship – much more substantial than for sea and river transport costs – makes it impossible to provide even a short review of the complexities of the material (for which see Scheidel in preparation).” Der Beitrag, auf den hier verwiesen wird, ist jedoch (nach Kenntnis des Verfassers dieses Aufsatzes) bis dato nicht erschienen (Stand 08-05-2020), so dass die Gründe für die Festlegung der täglichen Distanzen im Dunklen bleiben.

86 Diese Information findet sich ebenfalls lediglich in der Online-Dokumentation (Abschnitt Building/Roadtransport/Time) (Scheidel / Meek [2013–2015]). Ferner wird hier vermerkt, dass spezifische Verkehrsmittel, wie Ochsenkarren und schnelle Kutschen (Fast carriages), generell im Winter im Hochgebirge nicht genutzt werden konnten.

87 “Military” bedeutet in dieser Unterscheidung Ruderboote mit der Möglichkeit zu segeln, während in der mit “Civil” einfache Prahmen gemeint sind.

88 Abschnitt Building/Rivertransport/Time (Scheidel / Meek [2013–2015]).

89 Herausforderungen, wie die Rekonstruktion antiker Flussläufe und die Varianz von Strömungen (siehe die Aufsätze von U. Arauner S. 59–79 und T. Bongers S. 33–58 in diesem Band [Arauner {2020}, Bongers {2020}]), sowie verschiedenen Fortbewegungsweisen (siehe den Aufsatz von P. Reinard S. 80–119 in diesem Band [Reinard {2020}]), werden dabei systematisch ausgeblendet. Siehe hierzu den Abschnitt Building/Rivertransport/Time in der Online Dokumentation (Scheidel / Meek [2013–2015]).

90 Allein schon die Funde römischer Flussschiffe, wie z.B. ein Lastkahn in dem Flüsschen Ljubljancia in Slowenien (Gaspari [1998]; Istenič [2015]; Turk / Andrič / Smith-Demo [2009]) belegen, dass zumindest zeitweise mittlere bis kleine Flüsse für den Transport von Waren, Personen und Informationen genutzt wurden. Siehe auch: Bongers (2018); Bockius (2000); Eckoldt (1983) sowie den Aufsatz von T. Bongers S. 33–58 in diesem Band (Bongers [2020]). Dies wird in ORBIS keineswegs bestritten, doch, so die Entwickler der Anwendung, sei der Forschungsstand in diesem Bereich noch nicht dazu geeignet, Eingang in die Simulation zu finden. Siehe hierzu die Online-Dokumentation (Abschnitt Building/Rivertransport/Time) (Scheidel / Meek [2013–2015]).

	“Military”		“Civil”	
	Flussabwärts	Flussaufwärts	Flussabwärts	Flussaufwärts
Upper Euphrates	120 km/Tag	50 km/Tag	75 km/Tag	15 km/Tag
Upper Tiber, Po, Arno, Rhine, Mosel, Tyne, Ouse, Witham, Upper Seine, Upper Loire, Upper Garonne, Guadalquivir, Guadiana, Tagus, Upper Danube, Inn, Drava, Sava, Nisava, Middle Orontes, Khabur	120 km/Tag	50 km/Tag	65 km/Tag	15 km/Tag
Lower Tiber, Rhone	120 km/Tag	50 km/Tag	65 km/Tag	10 km/Tag
Lower Euphrates	120 km/Tag	50 km/Tag	65 km/Tag	20 km/Tag
Lower Loire, Lower Garonne	120 km/Tag	50 km/Tag	60 km/Tag	20 km/Tag
Middle Danube	120 km/Tag	50 km/Tag	55 km/Tag	20 km/Tag
Lower Seine	120 km/Tag	50 km/Tag	50 km/Tag	30 km/Tag
Lower Danube	120 km/Tag	50 km/Tag	45 km/Tag	25 km/Tag
Nile (Lower Egypt)	120 km/Tag	50 km/Tag	Juli – Okt: 90 km/Tag Nov. – Juni: 30 km	Juli – Okt: 90 km/Tag Nov. – Juni: 35 km
Nile (Upper Egypt)	120 km/Tag	50 km/Tag	Juli – Okt: 65 km/Tag; Nov. – Juni: 35km	Juli – Okt: 100 km/Tag; Nov. – Juni: 50km
“Canals”	120 km/Tag	50 km/Tag	15 km/Tag	15 km/Tag

Tab. 1: Tagesdistanzen der Flussschiffe im ORBIS-Projekt nach Angaben der Online-Dokumentation (Abschnitt Building/Roadtransport/Time) (Scheidel / Meek [2013-2015]) (Ersteller: L. Scheuermann).

Abgesehen davon, dass die Unterteilungen “Upper” und “Lower” der Präzisierung (z.B. in Flusskilometern) bedürfen, erscheint – berücksichtigt man die allgemein bekannten Wetterlagen und sich daraus ergebenden Pegelstände sowie Fließgeschwindigkeiten – eine solche Unterteilung bei Weitem als zu grob, um die Nutzung (der wenigen überhaupt in die Simulation aufgenommenen) größeren Flüsse adäquat zu modellieren.

Dasselbe Problem des unzureichenden Detailgrades der Simulation zeigt sich auch im Bereich der Seerouten, wie Pascal Warnking in seiner Dissertation aus dem Jahr 2015 en détail nachweisen konnte.⁹¹ Er bemängelt zu Recht, dass a) das Netz an Winddaten vollkommen unzureichend ist,⁹² b) die Winddaten nur als Monatsdurchschnitte genutzt werden, was der Wettersituation im Mittelmeer keinesfalls gerecht wird, c) die Routen als Summe einzelner Teilschritte gesehen werden, so dass die Berechnungen nur dann Sinn machen würden, wenn es möglich wäre „auf offenem Meer anzuhalten und auf Wind aus der richtigen Richtung zu warten.“⁹³

91 Warnking (2015), S. 178–182.

92 Das gesamte Mittelmeer wird gerade einmal durch 20 Datenpunkte mit einer Rastergröße von fünf Breitengraden abgedeckt.

93 Warnking (2015), S. 181.

Den Beteuerungen der Online Dokumentation “more fine grained coverage would not significantly contribute”⁹⁴ ist hier, wie auch im gesamten ORBIS-Projekt, aufs Vehementeste zu widersprechen, ebenso wie der Vorstellung, dass die Unschärfen sich mit der Größe des Modells relativieren würden. Ganz im Gegenteil summieren sich die Abweichungen gerade auf langen Strecken derart, dass die Ergebnisse nur mehr wenig mit realistischen Angaben gemein haben.⁹⁵

Als Fazit dieser kritischen Betrachtung des ganzen ORBIS-Projektes muss man sich Warnkings Beobachtungen anschließen, der zwar den Innovationsgrad hervorhebt, doch auf Grund der zahlreichen Schwächen und Unschärfen zu dem Resultat kommt: „ORBIS liefert also Hinweise, aber nicht unbedingt verlässliche Resultate.“⁹⁶

Neue Ansätze zur Simulation von Transportzeiten

Nach dieser ernüchternden Betrachtung, gilt es zu fragen, wie eine Simulation aussehen kann, mit der Reise- und Transportzeiten in der Antike realistisch ermittelt werden können.

Vorab ist dabei nochmals festzuhalten, dass Simulationen keine positiven Aussagen über Reisezeiten oder Routen treffen können, sondern allenfalls Möglichkeitsräume eröffnen, welche sich aus den physikalischen Bedingungen ergeben. Wie lang also ein Händler exakt z.B. von Rom bis zum nächstgelegenen Hafen Ostia (Luftlinie 23 km) benötigt hat, ist nicht simulierbar, da etliche zeitverzögernde Aspekte, wie die Wahl der spezifischen Route oder die Häufigkeit der Einkehr in Tavernen⁹⁷ von individuellen bzw. gesellschaftlich geprägten Entscheidungen abhängig sind. Simulationen können jedoch Minimalzeiten errechnen sowie die Wahrscheinlichkeit mit der ein/eine Akteur*in, welche*r ohne größere Verzögerungen auf dem Weg ist, angekommen sein kann. Ferner kann davon ausgegangen werden, dass antike Reisende zumindest in größeren Teilen des römischen Reichs eine Vorstellung davon hatten (oder sie durch Erfragen erlangten), wieviel Zeit sie ungefähr benötigen würden. Diese wiederum wird unweigerlich in die Planungen von Händlern, Militärs aber auch Privatleuten eingeflossen sein, so dass uns die Berechnungen der Simulationen einen Einblick in die antike Lebenswelt vermitteln, ohne jedoch auszudrücken zu können, wie es exakt gewesen ist.

Für Seerouten hat Pascal Warnking,⁹⁸ aufbauend auf den Arbeiten von Arnaud⁹⁹ und dem Oxford Roman Economy Project¹⁰⁰ und unter Adaption des modernen Regatta-Navigationsprogramms „Expedition“¹⁰¹

94 Online-Dokumentation (Abschnitt Understanding) Scheidel / Meek (2013–2015).

95 Um dies nochmals am bereits vorgestellten Beispiel zu verdeutlichen: Der kostengünstigste Weg zwischen Aquileia und Lauriacum, so das Ergebnis des ORBIS-Projektes, führt über Verona, den Brenner-Pass und Passau. Er hat eine Länge von insg. 922 km. Das ist 486 km weiter als der kürzeste durch ORBIS errechnete Weg und dauert 20 Tage länger. Es zeigt sich also, dass, selbst wenn man ORBIS nicht mit archäologischen Quellen vergleicht, dennoch zumindest einige Ergebnisse schlicht als absurd zu bezeichnen sind.

96 Warnking (2015), S. 179.

97 Als literarischer Verweis sei das moderne Poem von Wenedikt Jerofejew „Moskwa-Petuschki“ (dt. Reise nach Petjuschki) genannt (Jerofejew [2015]), in welchem der Protagonist versucht vom Kursker-Bahnhof in Moskau bis in den knapp 100 km entfernten Ort Petuschki zu gelangen, wo er jedoch alkoholbedingt niemals ankommen sollte.

98 Warnking (2015), (2016), (2018).

99 Arnaud (2005).

100 URL: <http://oxrep.classics.ox.ac.uk/> (zuletzt abgerufen am 06-05-2020).

101 URL: <http://www.expeditionmarine.com> (zuletzt abgerufen am 06-05-2020). Zur Anwendung sowie den Grenzen der Nutzung des Systems für die Rekonstruktion Antiker Seerouten siehe: Warnking (2015), S. 185–191.

eine Simulation entwickelt, welche – unter Heranziehung von Polardiagrammen historischer Segelschiffe¹⁰² sowie Strömung-¹⁰³ und Wetterdaten¹⁰⁴ – realitätsnah¹⁰⁵ den besten Streckenverlauf sowie die benötigten Zeiten errechnet. Hierfür wurden mehrere tausend Simulationsexperimente mit verschiedenen Wetterlagen für die Verbindungen zwischen antiken Häfen gemacht und diese statistisch analysiert, um Routen und Fahrtzeiten zu ermitteln.¹⁰⁶

Mit dem Nachbau eines römischen Seeschiffs auf Grundlage der bei Marseille gesunkenen „Laurons 2“¹⁰⁷ durch die Universität Trier wird man zukünftig in der Lage sein, durch Testfahrten die Simulationsergebnisse experimentell zu validieren, erstmals eigene Polardiagramme für ein antikes Handelsschiff zu erstellen und somit die Simulation nochmals entscheidend zu verbessern.¹⁰⁸ Ferner können Vergleiche der Strömungsverhältnisse zwischen der Rekonstruktion und Modellen des Schiffs im Strömungskanal erfolgen, welche es zukünftig erlauben werden, auch andere Schiffstypen (ohne die aufwendige 1:1 Rekonstruktion) so zu vermessen, dass sie in das Simulationssystem integriert werden können. Doch auch wenn die endgültige Validierung und die Erweiterungen des Systems noch in der Zukunft liegen, lässt sich bereits zu diesem Zeitpunkt feststellen, dass es sich hierbei im besten Sinne um ein Simulationssystem handelt, welches nicht nur einen signifikanten Beitrag für unser Verständnis von der antiken Seefahrt leistet, sondern auch als Vorbild für die Modellierung des Transports von Menschen, Waren und Informationen auf Straßen und Flüssen dienen kann.

Eine solche Simulation der Transportzeiten im Binnenland, die sich qualitativ von groben Schätzungen abhebt und erstmals ‚realistische‘ Zahlen zur Verfügung stellt, harrt allerdings bis dato noch der Umsetzung. Doch können erste Ansätze hierzu im Folgenden am Ende dieses Beitrags präsentiert werden.

So wie die Simulation des Seetransportes grundlegend auf den Meeresströmungen basiert, bedarf es für den Binnenlandtransport zunächst eines möglichst detaillierten Geländemodells¹⁰⁹ und der exakten Lokalisierung der Trassen und Flussverläufe. Doch können hierfür nicht einfach rezente Verhältnisse übernommen werden. Als erste Voraussetzung ergibt sich also die möglichst exakte Rekonstruktion der Landschaft und der Verkehrswege. Wie das ORBIS-Projekt gezeigt hat, haben hier bereits kleinere Unschärfen, die sich summieren, große Auswirkungen auf das Gesamtsystem. Diese Erfahrung lehrt, dass ein Top-Down-Ansatz, also die Simulation des gesamten römischen Reichs zum Scheitern verurteilt ist, und dass stattdessen die exakte kleinräumige archäologische und historisch-geographische Arbeit unerlässlich ist. Auf welche Art die Rekonstruktion der antiken Verhältnisse durch die Kombination von digitalen Daten mit historischen Quellen (und hier besonders Karten) und nicht zuletzt der Autopsie der Landschaft durch den/die Forscher*in möglich ist, zeigen u.a. Klaus Tausend für Straßen und Uwe Arauner sowie Toon Bongers für Flüsse bzw. Flusssysteme.¹¹⁰

102 Warnking (2015), S. 191–201.

103 Warnking (2015), S. 183–185.

104 Warnking (2015), S. 126–136 sowie S. 183–185.

105 Dies zeigt sich nicht zuletzt daran, dass die Software mehrfach erfolgreich beim Volvo Ocean Race und dem Americas Cup zur Anwendung kam.

106 Auch hier zeigten sich ganz erhebliche Unterschiede zu den Daten des ORBIS-Projekts. (Warnking [2015], S. 252–284).

107 Stapellauf Juli 2019.

108 Für ausführliche Informationen zu diesem Projekt siehe: <https://www.uni-trier.de/index.php?id=62438&L=2> (zuletzt abgerufen am 06-05-2020). Zur Methode der Ermittlung der Fahrteigenschaften antiker Schiffs- und Bootsrekonstruktionen mit dem NX-2 System siehe einführend: (Brechtel u.a. [2016]).

109 Hierfür stellt z. B. das *Copernicus system for monitoring the Earth* der Europäischen Kommission das EU-DEM V1.1 Modell mit einer vertikalen Gesamtgenauigkeit von 2 m zur Verfügung. Für weitere Informationen siehe: <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem>. (zuletzt abgerufen am 06-05-2020). Zu Fragen der Validierung des Modells siehe: Dufourmont u.a. (2014).

110 Siehe Tausend S. 120–136 sowie Arauner S. 59–79 und Bongers S. 33–58 in diesem Band (Tausend [2020]; Arauner

Ein zweites zentrales Element einer solchen Simulation ist die Leistungscharakteristik der Verkehrsmittel. Für Flussschiffe in verschiedenen Antriebsformen existieren bereits detaillierte Forschungen, welche Patrick Reinard in diesem Themenheft präsentiert.¹¹¹ Die Kombination dieser Messungen mit den rekonstruierten Flussverläufen und Fließgeschwindigkeiten erlaubt es, wie Uwe Arauner in seinem Beitrag zeigt,¹¹² Distanzen und Fahrtgeschwindigkeiten zu ermitteln. Im Bereich des Landtransportes bedarf es hingegen noch der Grundlagenforschung. Zwar gibt es Studien zur generellen Leistungsfähigkeit von Fußgänger*innen¹¹³ und (modernen) Pferden,¹¹⁴ doch sind physiologische Untersuchungen, deren experimentelle Ergebnisse in Simulationen zur Anwendung kommen könnten, noch selten.¹¹⁵ Hier bedarf es kontrollierter Versuchsreihen (ähnlich wie im Bereich der Schifffahrt), um den Einfluss von Steigung, Untergrund bei verschiedenen Wetterlagen (z.B. Fels, Matsch oder Schnee), Temperatur und Müdigkeit bei längeren Wegen, auf die Geschwindigkeiten zu ermitteln, welche dann in das System einfließen können.

In diesem Kontext zeigt sich bereits ein nächster zentraler Faktor für eine Simulation der Land- und Flusstransporte, nämlich das Wetter.¹¹⁶ Dabei kommt der Forschung zu Gute, dass die Wetterverhältnisse der 1990er Jahre denen am Ende des ersten Jahrhunderts n. Chr. in weiten Teilen entsprechen, so dass (zumindest statistisch) bestehende Daten für diesen speziellen antiken Zeitraum genutzt werden können.¹¹⁷ Feingranulare Wetterdaten für diese Jahre sind u.a. über das Copernicus Earth Observation Programme der Europäischen Kommission frei verfügbar, so dass – zumindest für den europäischen Bereich des römischen Reiches – auf ein adäquates Datenmaterial zugegriffen werden kann.¹¹⁸

Aus diesen Grunddaten gilt es ein Modell zur Berechnung der Transportzeiten aufzubauen, welches in Folge algorithmisch umgesetzt und anhand von realweltlichen Versuchen validiert und verfeinert werden muss. Hier ein erster genereller Ansatz für ein solches Modell:

[2020]; Bongers [2020]). Des Weiteren muss an dieser Stelle auf die beispielhaften Arbeiten zur Rekonstruktion der Via Claudia Augusta von Gerald Grabherr verwiesen werden: Grabherr (2004); Walde / Grabherr (2006). Für Flusslandschaften siehe außerdem: Franconi (2017).

111 Reinard s. 80–119 in diesem Band (mit weiterer Literatur); Arauner S. 59–79 in diesem Band (Reinard [2020]; Arauner [2020]). Für die Untersuchungen von Militärschiffen siehe zudem: Aßkamp / Schäfer (2009); Brechtel u.a. (2016); Schäfer / Günther (2008); Schäfer (2017).

112 Arauner S. 59–79 in diesem Band (Arauner [2020]).

113 Z.B. im Bereich der Wanderliteratur: Österreichischer Alpenverein / Deutscher Alpenverein (2016).

114 Junkelmann (2008); Lefebvre des Noëttes (1931), (1924); Löffl (2011); Österreichisches Bundesheer (2016).

115 Ausnahmen bilden hierbei Pferde: Wickler u.a. (2001). Für Fußgänger finden sich vielversprechende Ansätze bei: Gruchy u.a. (2017). Hier gilt es noch zu klären, inwiefern sport- und veterinärmedizinische Forschungen herangezogen werden können. Für die in der Antike meist genutzten Lasttiere (Maultiere und Esel) konnten durch den Autor dieses Beitrags bis dato noch keine nutzbaren Informationen gefunden werden, ebenso wenig wie für die Fahrteigenschaften antiker Karren. Zur Rekonstruktion von Karren und Zuggeschirren siehe: Doorewaard (2010); Haser / Maise (2003); Leusen (1989); Roering (1983); Schleiermacher (1996); Simon (2009).

116 Hierbei sind sowohl die direkten Einflüsse, die eine Reise teilweise zum Erliegen bringen können, wie z.B. Starkregen, Schneestürme etc. aber auch längerfristige Faktoren, wie Pegelstände der Flüsse oder Schneebelag von Bedeutung.

117 Harper / McCormick (2018); McCormick u.a. (2012); McCormick (2013); Manning (2013).

118 URL: <https://climate.copernicus.eu/> (zuletzt abgerufen am 06-05-2020). Siehe einführend: Raoult u.a. (2017).

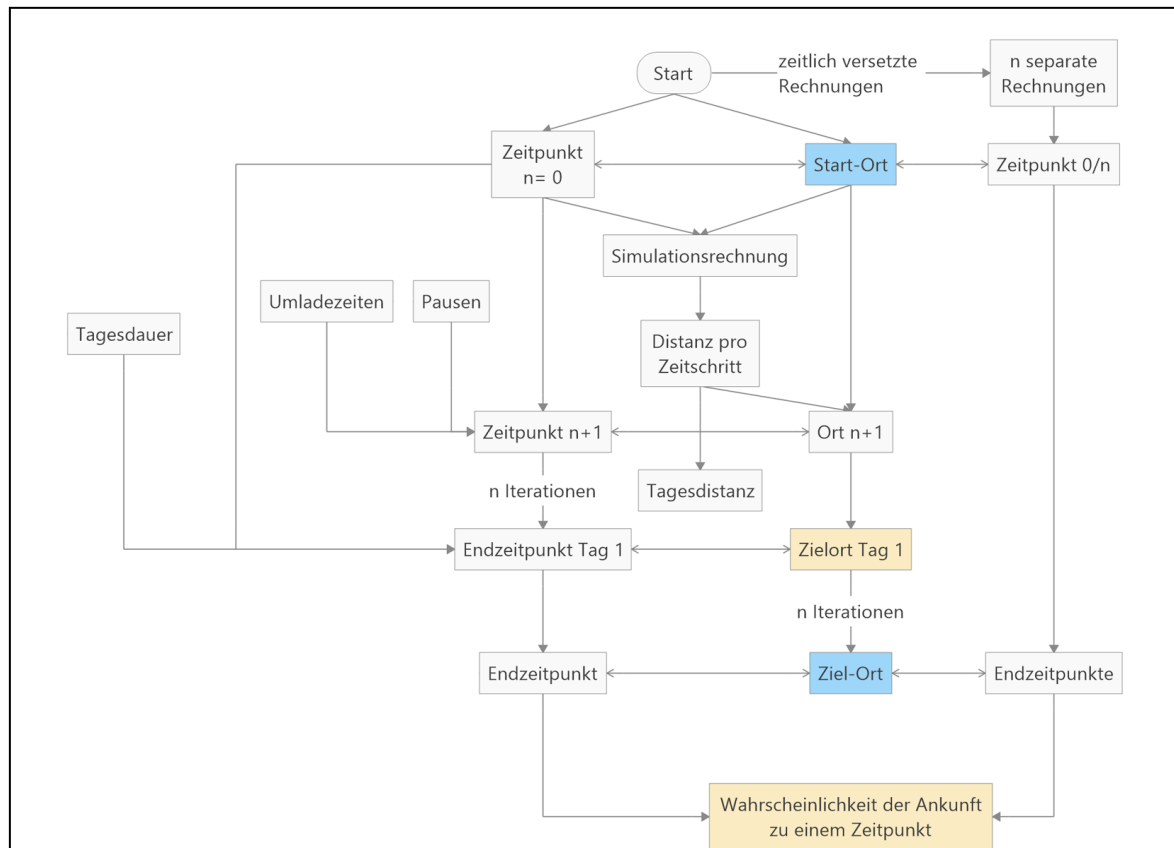


Abb. 1: Ansatz für ein Modellierung der Simulation der historischen Transportzeiten (Ersteller: L. Scheuermann).

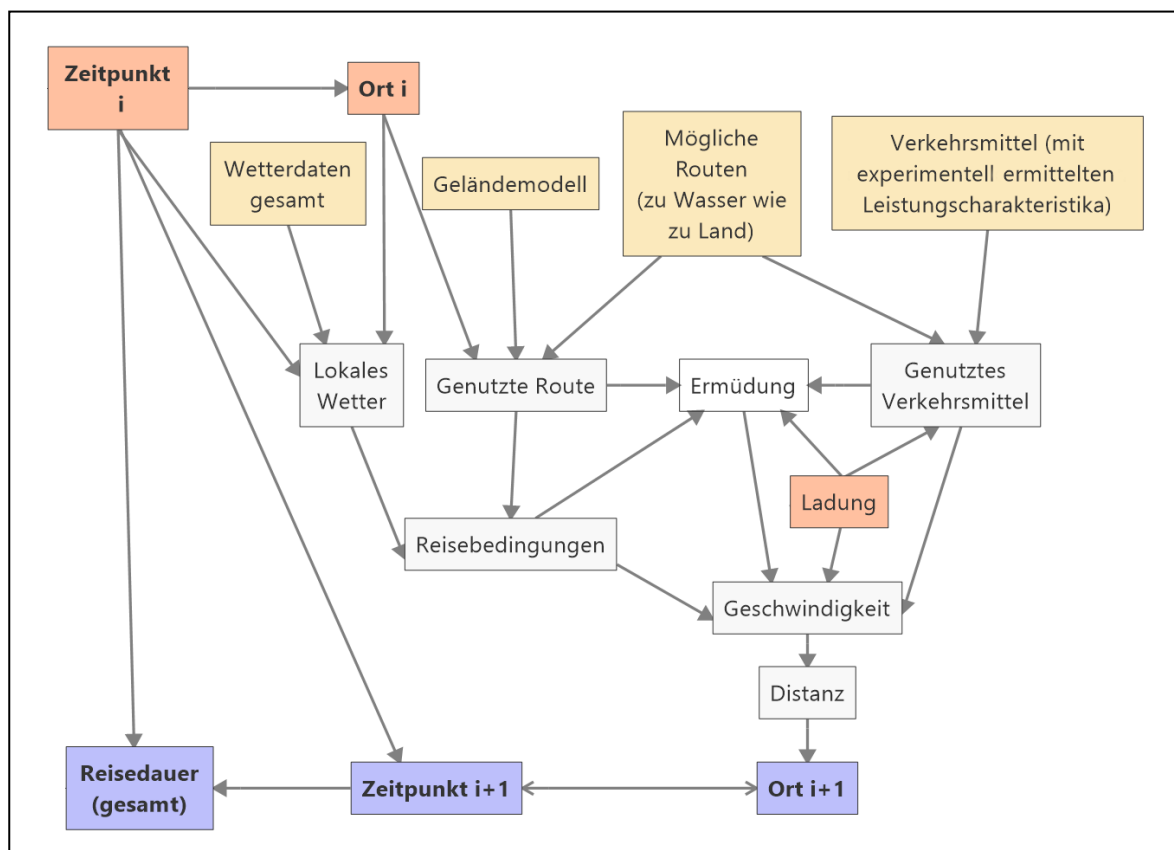


Abb. 2: Ansatz für eine Modellierung eines Zeitschritts der Simulation der historischen Transportzeiten. Dabei ist anzumerken, dass das Geländemodell auch Flussverläufe und Strömungen umfasst (Ersteller: L. Scheuermann).

Grundlegend handelt es sich bei dem hier vorgeschlagenen Konzept der Simulation historischer Transportzeiten um einen iterativen Ansatz; das heißt, dass die gesamte Berechnung in eine Reihe diskreter Zeitschritte (z.B. mit einer Länge von 10 Minuten) eingeteilt wird, welche separat berechnet werden, wobei der (räumliche und zeitliche) Startpunkt der gesamten Reise $i = 0$ ist, aus dem sich nach Abschluss des ersten Zeitschritts ein Endpunkt $i + 1 = 1$ ergibt.

Für den einzelnen Zeitschritt liegen ein spezifischer Zeitpunkt sowie ein Ort vor. Hinzu kommt als Option die Festlegung der Größe und des Gewichtes der Ladung, die sich im Folgenden auf die Wahl des Verkehrsmittels,¹¹⁹ die Geschwindigkeit sowie die Ermüdung der Akteur*innen auswirken wird. Neben diesem (durch die Nutzer*innen wählbaren) Faktor, kommen die bereits beschriebenen Wetterdaten, das Geländemodell, die möglichen Routen sowie die Verkehrsmittel (samt ihrer Leistungscharakteristika) hinzu. Aus ihrer Kombination ergibt sich zum einen die genutzte Route und das dazu gehörige Verkehrsmittel sowie das lokale Wetter bzw. die Reisebedingungen, aus welchen sich wiederum die Geschwindigkeit des Verkehrsmittels und die damit zurückgelegte räumliche Distanz für diesen spezifischen Zeitschritt errechnen lässt. Kombiniert man letztere mit dem Anfangsort und der gewählten Route, so ergibt sich Ort $i + 1$, welcher wieder Ausgangspunkt für den nächsten Zeitschritt ist.

Der Faktor der Ermüdung muss in dem hier vorgestellten Ansatz eine besondere Erwähnung finden, da er Auswirkungen auf den einzelnen Zeitschritt und auch auf die Tagesdistanz hat. Hintergrund ist die einfache Tatsache, dass die Leistung von Menschen und Tieren im Laufe einer Strecke sukzessive abnimmt und genügend Pausen gerade bei mehrtägigen Touren von zentraler Bedeutung sind. Hierbei spielen natürlich das gewählte Verkehrsmittel, aber auch die Route, die Bodenbeschaffenheit und das Wetter eine nicht unbedeutende Rolle, da diese Elemente den Leistungsabfall massiv beschleunigen können.¹²⁰ Um dies zu berücksichtigen, wurde der Faktor der Ermüdung eingeführt, welcher sich negativ auf die Geschwindigkeit auswirkt. Überschreitet sie einen gewissen Wert, so müssen Pausen genommen werden.¹²¹ Hinzu kommen natürlich im Laufe des Tages auch Pausen zur Nahrungsaufnahme für Mensch und Tier sowie kurze Stopps, in welchen die Befestigung der Ladung überprüft werden muss.¹²²

Die Rechnung wird so lange fortgesetzt, bis der Ankunftsort erreicht ist, oder die Reise (auf Grund der fortgeschrittenen Zeit, der Ermüdung oder des Wetters) an diesem Tag nicht weitergeführt werden kann.¹²³ Sollte letzteres der Fall sein, wird die Rechnung für den nächsten Tag fortgesetzt, wobei der neue Startpunkt $i = 0$ räumlich mit dem Endpunkt des vorherigen Tages übereinstimmt.

Um der Möglichkeit Rechnung zu tragen, dass es stets mehrere Routen gibt und zumindest an gewissen Orten die Verkehrsmittel gewechselt werden können, genügt es nicht, das geschilderte Simulationsexperiment einmal durchzuführen. Es muss so oft wiederholt werden, dass alle Kombinationen an möglichen Verkehrsmitteln und Strecken abgedeckt sind. Hinzu kommt, dass ein einziger, genau fixierter Startzeitpunkt nicht vorliegt, so dass die Rechnung auch mit multiplen Startzeiten wiederholt werden muss.¹²⁴

119 Manche Waren sind auf Grund ihrer Größe und des Gewichtes mit manchen Verkehrsmitteln nicht transportierbar.

120 Bei einer beschaulichen Bootsfahrt stromabwärts auf einem trägen Fluss, wird der Faktor der Ermüdung gegen Null gehen, wohingegen das Ersteigen eines Passes in den Alpen bei strömendem Regen, zu Fuß und voll beladen die Ermüdung massiv beschleunigt, wie der Autor dieses Beitrages aus leidvoller Erfahrung zu berichten weiß.

121 Diese werden im System durch eine Geschwindigkeit von 0 repräsentiert.

122 An dieser Stelle sei dem Tragtierzentrum des Österreichischen Bundesheeres für zahlreiche praktische Hinweise zur Nutzung von Zug- und Lasttieren mein Dank ausgesprochen.

123 Dieser Endzeitpunkt ist natürlich abhängig von der Tageslänge und damit der Jahreszeit sowie der Witterung.

124 Hier wird momentan von einem Zeitraum zwischen drei Stunden vor Sonnenaufgang und Mittag ausgegangen. Das Intervall der Startzeiten ist dabei gleich der für die Rechnungen genutzten Zeitschrittlänge (10 Minuten). Der Zeitraum und die Zeitschrittlänge beruhen derzeit allerdings noch auf einer groben Schätzung, welche im Laufe der Validierung der Simulation zu präzisieren sein wird.

Dies ist umso wichtiger, da sich im Laufe eines Tages die Wetterverhältnisse massiv ändern können, was wiederum einen entscheidenden Einfluss auf die Tagesdistanzen haben wird.

Das Ergebnis der Gesamtsimulation ist daher kein einzelnes exaktes Ergebnis (die einzig wahre Reisezeit), sondern vielmehr ein Zeitraum, in dem die Möglichkeit des Erreichens des Zieles immer wahrscheinlicher wird, wobei, um dies abschließend nochmals zu betonen, damit keine positive Aussage über die Ankunftszeit eines/einer spezifischen historischen Akteurs*in möglich ist, sondern nur ein Maß der Wahrscheinlichkeit, welche jedoch mit dem generellen Erfahrungshorizont der Akteur*innen deckungsgleich ist.

Fazit

Der vorliegende Beitrag spannt einen weiten Bogen von der Geschichte des Begriffs Simulation und der Entwicklung hin zu einem der grundlegenden methodischen Ansätze in den Natur- und Technikwissenschaften, über die Problematisierung der Möglichkeit der Anwendung in den Geschichtswissenschaften sowie Beispielen, in denen dies bereits der Fall ist, hin zum Gegenstand dieses Themenheftes – der Simulation von Handel und Verkehr der Antike. Nach der Präsentation des aktuellen Forschungsstands wurde abschließend ein Ansatz für die Simulation der Transportzeiten auf Flüssen und Straßen skizziert. Im Laufe des Beitrags wurde auch immer wieder auf die weiteren Beiträge dieses Themenheftes verwiesen, um so die Gesamtkonzeption des Bandes den Leser*innen zu verdeutlichen. Vieles des Geschriebenen – besonders in den letzten Abschnitten des Beitrags – ist bis dato nur in seiner Konzeption und der Vorstellung des Autors vorhanden und erst die Umsetzung im Rahmen eines größeren Projektes wird erweisen, wie sich der vorgebrachte Ansatz zukünftig realisieren lässt.

Literatur

- Arauner (2020): U. Arauner, „Donauschifffahrt im Ingolstädter Becken in römischer Zeit. Von der Rekonstruktion bis zur Reisezeit“, in: DCO 6,1 (2020), S. 59–79.
- Arnaud (2005): P. Arnaud, *Les routes de la navigation antique. Itinéraires en Méditerranée*, Paris 2005.
- Aßkamp / Schäfer (2009): R. Aßkamp / C. Schäfer, „Projekt Römerschiff. Nachbau und Erprobung für die Ausstellung ‚Imperium, Konflikt, Mythos – 2000 Jahre Varusschlacht‘“, in: LwL Römermuseum / Landesverband Lippe / VARUSSCHLACHT im Osnabrücker Land GmbH – Museum und Park Kalkriese (Hgg.), *2000 Jahre Varusschlacht. Imperium – Konflikt – Mythos*, Stuttgart 2009.
- Bacon (1985): F. Bacon, „Of Simulation and Dissimulation“, in: F. Bacon (Hg.), *The Essays or Counsels, Civil and Moral*, Oxford 1985.
- Baran (1964): P. Baran, *On Distributed Communications*, Santa Monica 1964.
- Baudrillard (1981): J. Baudrillard, *Simulacres et simulation*, Paris 1981.
- Baudrillard u.a. (2011): J. Baudrillard / G. Ricke / R. Voullié / G. Bergfleth, *Der symbolische Tausch und der Tod*, Berlin 2011.
- Bockius (2000): R. Bockius, „Antike Schwergutfrachter. Zeugnisse römischen Schiffbaus und Gütertransports“, in: R. Bockius (Hg.), *Steinbruch und Bergwerk. Denkmäler römischer Technikgeschichte zwischen Eifel und Rhein*, Mainz 2000, S. 110–132.
- Bogon (2013): T. Bogon, *Agentenbasierte Schwarmintelligenz*, Wiesbaden 2013.
- Bongers (2018): T. Bongers, „Riverine Transport. Roman Gaul“ URL: https://www.researchgate.net/publication/327630690_Riverine_Transport_Roman_Gaul (zuletzt abgerufen am 12-05-2020).
- Bongers (2020): T. Bongers, „Connectivity in the Scheldt Basin. The role of the river Scheldt in the Roman-era transport network“, in: DCO 6,1 (2020), S. 33–58.
- Brechtel u.a. (2016): F. Brechtel / C. Schäfer / G. Wagener (Hgg.), *Lusoria Rhenana. Ein römisches Schiff am Rhein*, Hamburg 2016.
- Burks / Burks (1981): A. W. Burks / A. R. Burks, „The ENIAC. First general-purpose electronic computer“, in: *IEEE Annals of the History of Computing* 3 (1981), S. 310–399.
- Burks / Burks (1988): A. R. Burks / A. W. Burks, *The first electronic Computer. The Atanasoff story*, Ann Arbor 1988.
- Certeau u.a. (2019): M. de Certeau / A. Mayer / L. Giard, *Theoretische Fiktionen. Geschichte und Psychoanalyse*, Berlin 2019.
- de Soto (2019): P. de Soto, „Network Analysis to Model and Analyse Roman Transport and Mobility“, in: P. Verhagen / J. Joyce / M. R. Groenhuijzen (Hgg.), *Finding the Limits of the Limes. Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire*, Cham 2019, S. 271–289.

- Der Heiden / Buchholz (2020): M. an Der Heiden / U. Buchholz, Modellierung von Beispielszenarien der SARS-CoV-2-Epidemie 2020 in Deutschland, Berlin 2020.
- Dilthey (2006): W. Dilthey, Der Aufbau der geschichtlichen Welt in den Geisteswissenschaften, mit einem Vorwort von M. Riedel, Frankfurt am Main 2006.
- Doorewaard (2010): T. Doorewaard, Karren en wagens. Constructie en gebruik van voertuigen in Gallia en de Romeinse Rijn-Donauprovincies, Amsterdam 2010.
- Dufourmont u.a. (2014): H. Dufourmont / J. Gallego / H. Reuter / P. Strobl, EU-DEM Statistical Validation, Copenhagen 2014.
- Eckoldt (1983): M. Eckoldt, „Schiffahrt auf kleinen Flüssen“, in: Deutsches Schifffahrtsarchiv 6 (1983), S. 11–24.
- Ewert u.a. (2007): U. C. Ewert / M. Roehl / A. M. Uhrmacher, Hunger and Market Dynamics in Pre-Modern Communities: Insights into the Effects of Market Intervention from a Multi-Agent Model 2007.
- Fellmeth (2020): U. Fellmeth, „Möglichkeiten und Grenzen der Quantifizierung und Modellierung von antiken Handels-Transportbedingungen. aus ökonomischer Sicht“, in: DCO 6,1 (2020), S. 137–154.
- Franconi (2017): T. V. Franconi (Hg.), Fluvial Landscapes in the Roman World, Portsmouth, Rhode Island 2017.
- Freud (1920): S. Freud, „Gutachten über die elektrische Behandlung der Kriegsneurotiker. Ka Kommission zur Erhebung militärischer Kriegsverletzung, KTN. 15, NR.436/1920“ URL: <http://wk1.staatsarchiv.at/sanitaet-und-hygiene/sigmund-freud-gutachten-zu-elektroschocks/#/?a=artefactgroup264> (zuletzt abgerufen am 12-05-2020).
- Fron / Scholz (2019): C. Fron / P. Scholz, „3. Räume, Institutionen und Kontexte von Rhetorik in der griechischen Kultur“, in: M. Erler / C. Tornau (Hgg.), Handbuch Antike Rhetorik, Berlin, Boston 2019, S. 81–126.
- Fron u.a. (2020): C. Fron / V. Stappmanns / X. Zhou / P. Leistner, “Comparing Greek ‘Bouleuteria’ and Roman ‘Curiae’. Two Case Studies on the Parallels and Differences in the Acoustic Reconstruction and Simulation of Roman Senate Sessions and Greek Boule Meetings”, in: P. Sapirstein (Hg.), New directions and paradigms for the study of Greek architecture. Interdisciplinary dialogues in the field, Leiden, Boston 2020, S. 274–288.
- Gaspari (1998): A. Gaspari, „Das Frachtschiff aus Lipe im Moor von Laibach (Ljubljana)“, in: JRGZM 45 (1998), S. 527–550.
- Goldsman u.a. (2009): D. Goldsman / R. Nance / J. Wilson, “A Brief History of Simulation”, in: A. Dunkin (Hg.), Winter Simulation Conference, s.l. 2009, S. 310–313.
- Grabherr (2004): G. Grabherr, „Methodische Ansätze der Römerstraßenforschung im Alpenraum am Beispiel der Via Claudia Augusta“, in: H. Koschik (Hg.), „Alle Wege führen nach Rom ...“. Internationales Römerstraßenkolloquium Bonn [vom 25. bis 27. Juni 2003], Pulheim-Brauweiler 2004, S. 117–130.

- Gruchy u.a. (2017): M. de Gruchy / E. Caswell / J. Edwards, “Velocity-Based Terrain Coefficients for Time-Based Models of Human Movement”, in: *Internet Archaeology* 92 (2017), S. 179.
- Harper / McCormick (2018): K. Harper / M. McCormick, “Reconstructing Roman Climate”, in: W. Scheidel (Hg.), *The Science of Roman History. Biology, Climate, and the Future of the Past*, Princeton, Oxford 2018, S. 11–52.
- Haser / Maise (2003): J. Haser / C. Maise, „Zum Nachbau eines römischen Reisewagens. Grundlagen und Aufwandsberechnung“, in: *Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst* 24 (2003), S. 193–223.
- Hellwig (1803): J. Hellwig, *Das Kriegsspiel. Ein Versuch die Wahrheit verschiedener Regeln der Kriegskunst in einem unterhaltenden Spiele anschaulich zu machen*, Braunschweig 1803.
- Istenič (2015): J. Istenič (Hg.), *Roman Stories from the Crossroads*, Ljubljana 2015.
- Jecklin-Tischhauser (2020): U. Jecklin-Tischhauser, „Mittelalterliche Heizsysteme“, in: *Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters* 47 (2020 – in Vorb.).
- Jerofejew (2015): W. Jerofejew, *Die Reise nach Petuschki. Ein Poem*, München, Berlin, Zürich 2015.
- Junkelmann (2008): M. Junkelmann, *Die Reiter Roms. Reise, Jagd, Triumph und Circusrennen*, Mainz am Rhein 2008.
- Kiviat (1967a): P. J. Kiviat, *Computer Simulation Programming Language. Perspective and Prognosis*, Santa Monica 1967.
- Kiviat (1967b): P. J. Kiviat, *Digital Computer Simulation. Modeling Concepts*, Santa Monica 1967.
- Kiviat (1969): P. J. Kiviat, *Digital Computer Simulation. Programming Languages*, Santa Monica 1969.
- Lake (2014): M. Lake, “Trends in Archaeological Simulation”, *Journal of Archaeological Method and Theory* 21 (2014), S. 258–287.
- Lefebvre des Noëttes (1924): R. J. É. C. Lefebvre des Noëttes, *Force motrice animale à travers les âges*, Berger-Levrault 1924.
- Lefebvre des Noëttes (1931): R. J. É. C. Lefebvre des Noëttes, *L’ Attelage [et] Le Cheval de Selle a travers les Ages*, Paris 1931.
- Lehar (2012): H. Lehar, *Die römische Hypokaustheizung*, Universität Innsbruck 2011.
- Lehar (2014): H. Lehar, „Dem Ignis Languidus auf der Spur. Kann man von einem römischen Dichter Heiztechnik lernen?“, in: E. Trinkl (Hg.), *Akten des 14. Österreichischen Archäologentages am Institut für Archäologie der Universität Graz vom 19. bis 21. April 2012*, Wien 2014, S. 239–246.
- Lehar (2017): H. Lehar, „Römische Heizsysteme und ihr Verbrauch. Wie viel Wald frisst die Heizung einer römischen Stadt?“, in: T. Kaszab-Olschewski / I. Tamerl (Hgg.), *Wald- und Holznutzung in der römischen Antike*, Heidelberg 2017, S. 203–214.

- Lehar (2020): H. Lehar, „Die Hypokaustheizung als Luftheizung. Kann das funktionieren?“, in: L. Berger / L. Huber / J. Weilhartner (Hgg.), Akten des 17. Österreichischen Archäologentages. am Fachbereich Altertumswissenschaften, Klassische und Frühägäische Archäologie der Universität Salzburg vom 26. bis 28. Februar 2018, Salzburg 2020, S. 275–284.
- Leusen (1989): P. M. v. Leusen, *Roman Vehicles. Construction, Draught and Use*, Amsterdam 1989.
- Leusen (1993): P. M. v. Leusen, „Cartographic Modelling in a Cell-Based GIS“, in: J. Andresen (Hg.), *CAA 1992 – Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, Aarhus 1993, S. 105–124.
- Leusen (1996): P. M. v. Leusen, „GIS and Locational Modeling in Dutch Archaeology. A Review of Current Approaches“, in: H. D. Maschner (Hg.), *New Methods, old Problems. Geographic Information Systems in Modern Archaeological Research*, [Carbondale, Ill.] 1996.
- Löffl (2011): J. Löffl, *Die römische Expansion*, Berlin 2011.
- Manning (2013): S. Manning, „The Roman World and Climate. Context, Relevance of Climate Change, and Some Issues“, in: W. Harris (Hg.), *The Ancient Mediterranean Environment between Science and History*, Leiden 2013, S. 103–171.
- McCormick u.a. (2012): M. McCormick / U. Büntgen / M. Cane / E. R. Cook / K. Harper / P. Huybers / T. Litt / S. Manning / P. Mayewski / A. More / K. Nicolussi / W. Tegel, „Climate Change during and after the Roman. Empire: Reconstructing the Past from Scientific and Historical Evidence“, *The Journal of Interdisciplinary History* 42 (2012), S. 169–220.
- McCormick (2013): M. McCormick, „What Climate Science, Ausonius, Nile Floods, Rye, and Thatch Tell Us about the Environmental History of the Roman Empire“, in: W. Harris (Hg.), *The Ancient Mediterranean Environment between Science and History*, Leiden 2013, S. 61–87.
- Metropolis (1987): N. Metropolis, „The Beginning of the Monte Carlo Method“, *Los Alamos Science - Special Issue* (1987), S. 125–130.
- Nance / Sargent (2002): R. E. Nance / R. G. Sargent, „Perspectives on the Evolution of Simulation“, in: *Operations Research* 50 (2002), S. 161–172.
- Nance / Overstreet (2017): R. E. Nance / C. M. Overstreet, „History of computer simulation software: An initial perspective“, in: W. K. Chan / A. D’Ambrogio / G. Zacharewicz / N. Mustafee / G. Wainer / E. H. Page (Hgg.), *Simulation Conference (WSC) 2017 Winter. WSC turns 50: simulation everywhere! (2017 Winter Simulation Conference (WSC), 12/3/2017 – 12/6/2017)*, Piscataway, NJ 2017, S. 243–261.
- Olshausen (1991): E. Olshausen, *Einführung in die historische Geographie der Alten Welt*, Darmstadt 1991.
- Österreichischer Alpenverein / Deutscher Alpenverein (2016): Österreichischer Alpenverein / Deutscher Alpenverein, *Wegehandbuch des Alpenvereins*, München, Innsbruck 2016.
- Österreichisches Bundesheer (2016): Österreichisches Bundesheer, *Verwendung und Einsatz von Militärfürden und Tragtieren. Dienstvorschrift für das Bundesheer*, Wien 2016.

Popper (2013): K. R. Popper, Logik der Forschung, hrsg. von H. Keuth, Berlin 2013.

Popper / Bicher (2020): N. Popper / M. Bicher, „Simulation der SARS-CoV-2 Epidemie in Wien“ URL: http://www.dwh.at/site/assets/files/1949/covid-19_-_beschreibung_covid-19_modellerweiterung_-_v04.pdf (zuletzt abgerufen am 12-05-2020).

Raoult u.a. (2017): B. Raoult / C. Bergeron / A. López Alós / J.-N. Thépaut / D. Dee, “Climate service develops user-friendly data store” URL: <https://www.ecmwf.int/en/newsletter/151/meteorology/climate-service-develops-user-friendly-data-store> (zuletzt abgerufen am 12-05-2020).

Reinard (2020): P. Reinard, „... treidelten wir das Schiff mit Mühe in den Hafen des Arsinoites“. Überlegungen zu den Akteuren in der Binnenschifffahrt und zu Quantifizierungsmöglichkeiten“, in: DCO 6,1 (2020), S. 80–119.

Roering (1983): C. W. Roering, Untersuchungen zu römischen Reisewagen, Koblenz 1983.

Rollinger (2020): C. Rollinger, Classical Antiquity in Video Games. Playing with the Ancient World, London 2020.

Rutter (2018): S. R. Rutter, Die Erfassung des Verlaufs der sog. norischen Hauptstraße in Kärnten mittels archäologischer und naturwissenschaftlicher Prospektionsmethoden, Graz 2018.

Sargent (2017): R. G. Sargent, “A perspective on fifty-five years of the evolution of scientific respect for simulation”, in: W. K. Chan / A. D’Ambrogio / G. Zacharewicz / N. Mustafee / G. Wainer / E. H. Page (Hgg.), Simulation Conference (WSC) 2017 Winter. WSC turns 50: simulation everywhere! (2017 Winter Simulation Conference (WSC), 12/3/2017 – 12/6/2017), Piscataway, NJ 2017, S. 3–15.

Schäfer / Günther (2008): C. Schäfer / H. M. Günther, Lusoria. Ein Römerschiff im Experiment, Hamburg 2008.

Schäfer (2017): C. Schäfer, „Experimentelle Archäologie trifft auf Schifffahrt. Ein römischer Prähm im Test“, in: Antike Welt (2017), S. 76–83.

Scheidel / Meek (2013–2015): W. Scheidel / E. Meek, “Online Documentation” URL: <http://orbis.stanford.edu> (zuletzt abgerufen am 12-05-2020).

Scheidel (2014): W. Scheidel, “The Shape of the Roman World. Modelling Imperial Connectivity”, in: Journal of Roman Archaeology 27 (2014), S. 7–32.

Scheidel / Meek (2015): W. Scheidel / E. Meek, Orbis. The Stanford Geospatial Network Model of the Roman World, Stanford 2015.

Scheuermann (2014): L. Scheuermann, “Lived time and space”, EspacesTemps.net (2014).

Scheuermann (2016): L. Scheuermann, „Die Abgrenzung der digitalen Geisteswissenschaften“, in: DCO 2,1 (2016). DOI: <https://doi.org/10.11588/dco.2016.1.22746> (zuletzt abgerufen am 14-05-2020).

Scheuermann (2019a): L. Scheuermann, Image of the Urbs. Raumwahrnehmung der Stadt Rom im ersten Jahrhundert vor Christus, Graz 2019.

- Scheuermann (2019b): L. Scheuermann, „Simulation als Methode für die Altertumswissenschaften“, DCO 5,2 (2019). DOI: <https://doi.org/10.11588/dco.2019.2.68127> (zuletzt abgerufen am 14-05-2020).
- Schill (1907): E. G. Schill, „Ueber Simulation beim Militär“, in: Deutsche Medizinische Wochenschrift 33 (1907), S. 973–974.
- Schleiermacher (1996): M. Schleiermacher, „Wagenbronzen und Pferdegeschirr im Römisch-Germanischen Museum Köln“, in: Kölner Jahrbuch für Vor- und Frühgeschichte (1996), S. 205–295.
- Scholz / Winkle (2019): P. Scholz / C. Winkle, „4. Räume, Institutionen und Kontexte von Rhetorik in der römischen Kultur“, in: M. Erler / C. Tornau (Hgg.), Handbuch Antike Rhetorik, Berlin, Boston 2019, S. 127–184.
- Shannon (1975): R. E. Shannon, Systems Simulation. The Art and Science, Englewood Cliffs, NJ 1975.
- Shapiro / Rogers (1967): G. Shapiro / M. Rogers (Hgg.), Prospects for simulation and simulators of dynamic systems, New York 1967.
- Simon (2009): C. Simon, „Die Rekonstruktion von römischem Zuggeschirr mit Halsjoch und Unterhalsbügel. Die neue kummetartige Schirring der römischen Kaiserzeit“, in: M. Müller (Hg.), Xantener Berichte 15. Grabung – Forschung – Präsentation, Mainz am Rhein 2009, S. 85–128.
- Spath (2009): C. Spath, Simulationen. Begriffsgeschichte, Abgrenzung und Darstellung in der wissenschafts- und technikhistorischen Forschungsliteratur, Stuttgart 2009.
- Stockinger (2007): H. Stockinger, „Defining the grid: a snapshot on the current view“, The Journal of Supercomputing 42 (2007), S. 3–17.
- Tausend (2020): K. Tausend, „Zur Rekonstruktion antiker Verkehrswege“, in: DCO 6,1 (2020), S. 120–136.
- Tocher (1963): K. D. Tocher (Hg.), The Art of Simulation, London 1963.
- Turk / Andrič / Smith-Demo (2009): P. Turk / M. Andrič / B. Smith-Demo, The Ljubljana. A river and its Past, Ljubljana 2009.
- Verhagen u.a. (1995): P. Verhagen / J. McGlade / R. Risch / S. Gili, „Some Criteria for Modelling Socio-Economic Activities in the Bronze Age of South-East Spain“, in: G. Lock / Z. Stančič (Hgg.), Archaeology and Geographical Information Systems. A European Perspective, London 1995, S. 187–209.
- Verhagen u.a. (2019): P. Verhagen / L. Nuninger / M. R. Groenhuijzen, „Modelling of Pathways and Movement Network in Archaeology. An Overview of Current Approaches“, in: P. Verhagen / J. Joyce / M. R. Groenhuijzen (Hgg.), Finding the Limits of the Limes. Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire, Cham 2019.
- Vermeulen u.a. (2020): B. Vermeulen / A. Pyka / M. Müller, „An agent-based policy laboratory for COVID-19 containment strategies“ <https://inno.uni-hohenheim.de/corona-modell> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020).

- Vorwinckel (2009): A. Vorwinckel, “Past Futures. From Reenactment to the Simulation of History in Computer Games”, *Historical Research / Historische Sozialforschung* 34 (2009), S. 322–332.
- Walde / Grabherr (2006): E. Walde / G. Grabherr (Hgg.), *Via Claudia Augusta und Römerstraßenforschung im östlichen Alpenraum*, Innsbruck 2006.
- Warnking (2015): P. Warnking, *Der römische Seehandel in seiner Blütezeit*, 2015.
- Warnking (2016): P. Warnking, “Roman Trade Routes in the Mediterranean Sea. Modelling the routes and duration of ancient travel with modern offshore regatta software”, in: C. Schäfer (Hg.), *Connecting the Ancient World. Mediterranean Shipping, Maritime Networks and their Impact*, Rahden/Westf. 2016, S. 40–90.
- Warnking (2018): P. Warnking, „Der römische Seehandel“, in: C. Eger (Hg.), *Warenwege – Warenflüsse. Handel, Logistik und Transport am römischen Niederrhein*, Mainz 2018, S. 25–44.
- Wickler u.a. (2001): S. J. Wickler / D. F. Hoyt / E. A. Cogger / K. M. Hall, “Effect of Load on Preferred Speed and Cost of Transport”, in: *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md. : 1985) 90 (2001), S. 1548–1551.
- Wirth (2003): M. Wirth, *Rekonstruktion bronzezeitlicher Gießereitechniken mittels numerischer Simulation, gießtechnologischer Experimente und werkstofftechnischer Untersuchungen an Nachguss und Original*, Aachen 2003.
- Wissenschaftsrat (2014): Wissenschaftsrat, *Bedeutung und Weiterentwicklung von Simulation in der Wissenschaft*, Berlin 2014.
- Wurzer u.a. (2015): G. Wurzer / K. Kowarik / H. Reschreiter (Hgg.), *Agent-based Modeling and Simulation in Archaeology*, Cham, s.l. 2015.
- Zedler (1731–1754): J. H. Zedler (Hg.), *Grosses vollständiges universal Lexikon*, Halle / Leipzig 1731–1754.

Abbildungs-/ Tabellennachweise:

Abbildung 1–2 L. Scheuermann
Tabelle 1 L. Scheuermann

Autorenkontakt¹²⁵

Priv.-Doz. Dr. Leif Scheuermann M.A.

Institut Zentrum für Informationsmodellierung – Austrian Centre for Digital Humanities
Karl-Franzens-Universität Graz
Elisabethstraße 59/III,
8010 Graz, Austria

E-Mail: Leif.Scheuermann@gmail.com

¹²⁵ Die Rechte für Inhalt, Texte, Graphiken und Abbildungen liegen, wenn nicht anders vermerkt, bei dem Autor. Alle Inhalte dieses Beitrages unterstehen, soweit nicht anders gekennzeichnet, der Lizenz CC BY 4.0.

Connectivity in the Scheldt Basin: The role of the river Scheldt in the Roman-era transport network¹

Toon Bongers

Abstract: Historical-archaeological research has argued that waterways were the most efficient means of transporting goods. Nevertheless, little systematic research has been done on the use of waterways in northern Gaul. This study assesses the potential of the river Scheldt as a transport corridor. It starts with a general characterisation of the river basin and a reconstruction of the Roman-era transport network, arguing that the necessary investments in fluvial transport were made. Both the settlement pattern, the level of economic activity, and the epigraphical evidence displays a peak in riverine and maritime trade during the second and the beginning of the third century. The results of the GIS-based cost-distance and accessibility analysis reveal a well-connected region, strategically situated between northern France, the North Sea coast, and the Rhine frontier. Although seasonal rivers were essential in minimizing transport costs, the accessibility of sites primarily depended on access to the road network.

Introduction

Archaeological sources make it impossible to deny that rivers served as transport corridors in the past. However, the organisation and requirements for fluvial trade remain a complex subject. In the last decades, there has been a growing interest in transport routes, even more so since the wide-spread application of GIS-technologies.²

The role of inland waterways in the Roman transport economy of northern Gaul has received little scholarly attention. As a result, this paper studies the transport network of the Roman-era Scheldt basin,³

1 This study is part of the project ‘Inland Waterways in the Roman Transport Network’ at the department of History at the University of Ghent, subsidised by the Research Foundation – Flanders (FWO). I would like to express my gratitude to my promotor Prof. Dr. Koenraad Verboven and co-promotor Prof. Dr. Wim De Clercq for their guidance. Furthermore, I would like to thank Dr. Harm Jan Pierik (University of Utrecht – Physical Geography), Dr. Sibrecht Reniere (Ghent University – Department of Archaeology), Dr. Frank Gelaude (University of Antwerp – Heritage department) for their comments on an earlier version of this paper, and Dr. Leif Scheuermann (University of Graz – Centre for Information Modelling – Austrian Centre for Digital Humanities), and Luca Ricci for their comments on the current version. My gratitude goes out particularly to Dr. Pau de Soto (Catalan Institute of Classical Archaeology) for his invaluable help with the GIS-based analyses. All remaining errors are my own.

2 See i.a.: de Bruin (2012); Carreras / de Soto (2013); Schäfer (2016); Verhagen et al. (2019).

3 In order to study the supra-regional role of the river Scheldt, the initial study area was expanded to include parts of the Meuse, Yser, Aa, and Somme basin.

with a focus on waterways. As a starting point, it works from the hypothesis of an integrated transport network, in which rivers, roads, and seaways link up to form a single system.⁴

This paper starts with a general description of the natural environment, which largely determines both the nature and extent of economic activities in a pre-industrial environment. Next, it integrates epigraphical evidence found around the mouth of the Scheldt, which indicates the existence of an extensive trade network at the end of the second and beginning of the third century.⁵ Additionally, we represent a reconstruction of the transport network of the Scheldt basin, containing roads, navigable river sections, relevant sites, and fluvial infrastructure. The last two are essential, since waterways, much like roads, required both maintenance and infrastructure to serve as efficient transport routes.

The concept of ‘connectivity,’ introduced by Horden and Purcell, has been put forward as one of the factors contributing to the performance of the Roman economy.⁶ This paper aims to apply this concept to the study of the transport network of the Scheldt basin by performing two types of spatial network analysis: cost-distance and accessibility.⁷ The value of these results are measured by discussing the distributional pattern of several archaeological proxies (e.g., limestone building blocks, local and imported pottery, and grain). By identifying general patterns of connectivity, this paper hopes to provide a useful jumping-off point for further research.

The physical environment

The headwaters of the Scheldt are situated in northern France, near Gouy-Le-Catêlet.⁸ From here the river flows 360 km north to end up in the North Sea in Zeeland (south-western Netherlands), receiving, among others, the Scarpe, Haine, Lys, and Rupel along the way.⁹ During its meandering journey, the Scheldt crosses several distinct landscapes (fig. 1): the fertile loamy soils in northern France and central Belgium (i.e., the loess area), the limestone massifs around Tournai, the less-fertile Pleistocene sandy soils of Flanders, and the peat landscape of the coastal areas.¹⁰

4 For the application of the idea of an integrated transport network: Laurence (1999); Horden / Purcell (2000); Laurence (2005); Adams (2007); Carreras / de Soto (2013); de Soto (2019). Within this paper, the term ‘system’ is used to describe the physical transport structures and not a set of ideas or rules. It is interchangeable with the term ‘network’. Not to be mistaken with the wider ‘system’ definition introduced by Flannery: “[...] which encompasses both cultural and noncultural phenomena [...]” (Flannery [1967], p. 120).

5 All centuries mentioned in this paper are CE (Common Era/After Christ/Anno Domini).

6 Horden / Purcell (2000); Howgego (2009), p. 289; Horden and Purcell define ‘connectivity (of microregions)’ as: “[...] the various ways in which microregions cohere, both internally and also one with another – in aggregates that may range in size from small clusters to something approaching the entire Mediterranean.” (Horden / Purcell [2000], p. 123).

7 Cost distance analysis measures the cost of transporting 1000 kg of goods over 1 km (expressed in wheat), from one point to the rest of the network. Accessibility analysis displays the centrality value of every node in a weighted network. See: Carreras / de Soto (2013); de Soto (2019).

8 Sevrin (1990), p. 52; Suttor (2011), p. 852; Meire et al. (2015), p. 32.

9 Sevrin (1990); Antrop / Leroy (2001), p. 52; Meire et al. (2015), p. 35–37; Gelaude (2018), p. 251. Depending on the publication, the length of the river Scheldt is either 350, 355, or 360 km.

10 Sevrin (1990); Antrop / Leroy (2001), p. 53; De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 35–39.

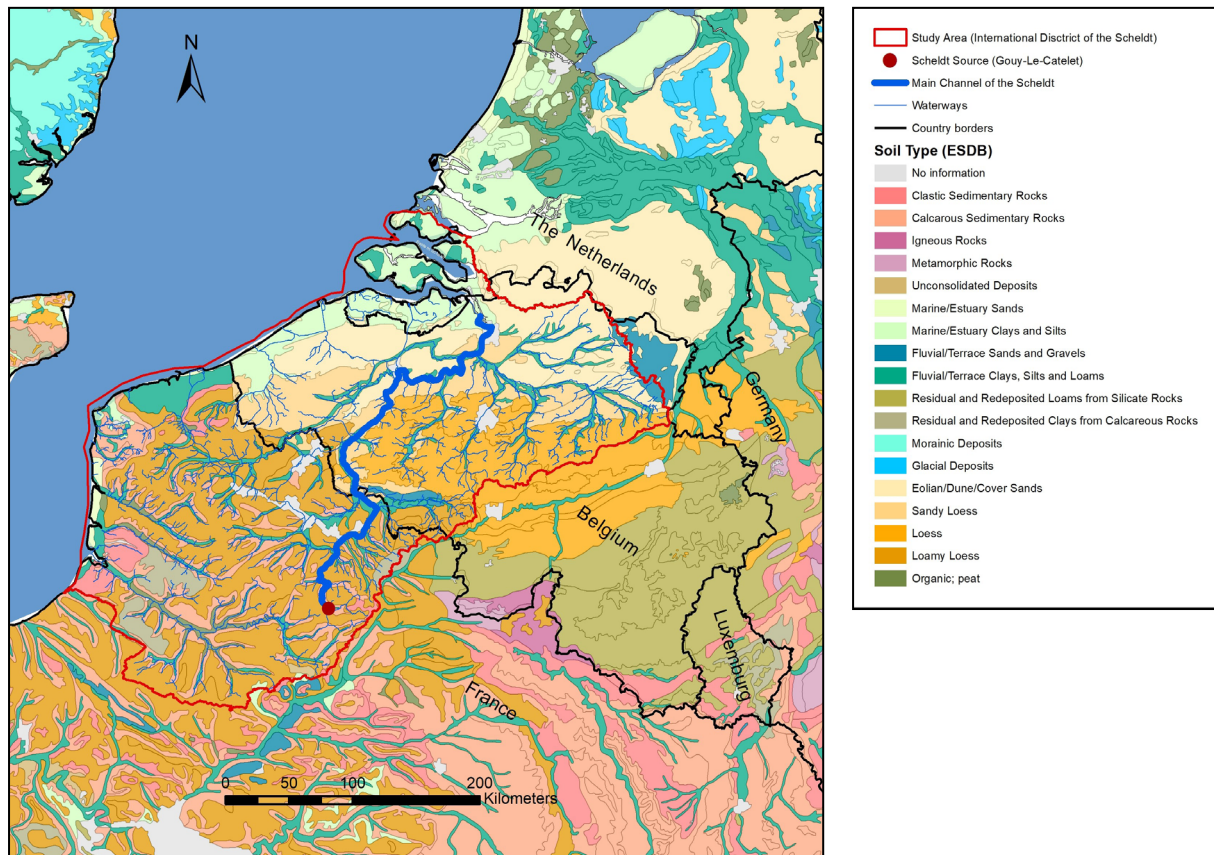


Fig. 1: Map showing the study area (which coincides with the ‘International district of the Scheldt’), the present-day waterways, the main channel of the Scheldt and the soil association map (European Soil Association Map, derived from ESDB v2.0: The European Soil Database distribution version 2.0, European Commission and the European Soil Bureau Network, CD-ROM, created for the ‘Civitas Tungrorum Project’ by the Department of Archaeology, Ghent University – Van Thienen et al. 2019.). The Southern part of the study area (Northern France and Wallonia, Belgium) is characterised by fertile loess soil, while the northern part (present-day Flanders, Belgium) is covered by less-fertile sand or sandy loess. The areas around the North Sea coast and the Scheldt Estuary predominantly show clay and silt of either fluvial or marine origin.

In the Roman period, the currently cut-off Eastern Scheldt served as the river’s mouth (fig. 2). This situation is different from the current one, in which the southern ‘Western Scheldt’ connects the river to the North Sea. In the first century, the Western Scheldt was a modest tidal inlet (possibly reaching as far as present-day Terneuzen).¹¹ Furthermore, the Roman-era coastline was situated several kilometres to the west in comparison to its present-day position.¹² From the third century onwards, the coastal areas of Northern France, Belgium, and Zeeland were subject to flooding as the late Roman period saw a general rise in sea levels.¹³

11 Vos / van Heeringen (1997), p. 50–79; De Clercq (2009), p. 139–72; De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 36; Vos (2015), p. 82–94; For the historical development of the Western Scheldt see Vos (2015), p. 88–89.

12 De Clercq (2009), p. 150.

13 Vos / van Heeringen (1997), p. 34, 64–68; De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 36–37, 66–67; Vos (2015), p. 65–66, and 75–76.

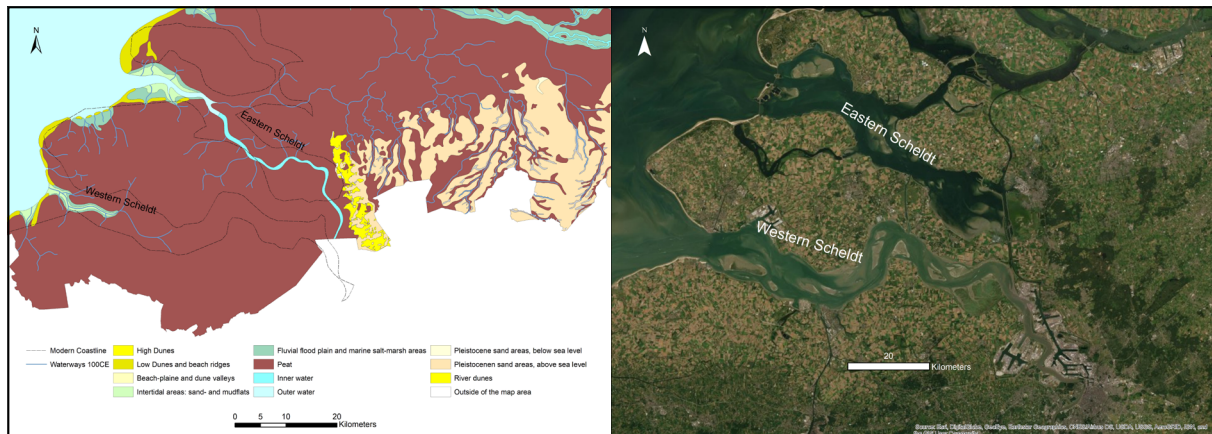


Fig. 2: (Left) The Scheldt estuary around 100 CE, showing the Eastern Scheldt and the predecessor of the Western Scheldt within the peat landscape. Based on: Vos, P., M. van der Meulen, H. Weerts and J. Bazelmans 2020: *Atlas of the Holocene Netherlands, landscape and habitation since the last ice age*, Amsterdam (Amsterdam University Press). (Right) The present-day estuary of the Scheldt with the peninsula 'Walcheren' (south-western Netherlands) between the Western Scheldt (at present a busy shipping route for the ports of Antwerp and North Sea Port) in the south and the Eastern Scheldt (presently a marine reserve) in the north.

Compared to other West European rivers, such as the Seine or Rhine, the Scheldt is a modest river. The Scheldt and its tributaries are rain-fed rivers, whose flow rate mainly depends on rainfall. The flow rate of the Upper Scheldt (from its source to Ghent) averages 70 m³/s but fluctuates between 5 and 140 m³/s. The flow rate of the Lys, the main tributary of the Scheldt, is even more varied (between 1 and 200 m³/s). These seasonal fluctuations, with periods of low and high water, impose limitations on riverine transportation.¹⁴ The remains of several Roman-era transport vessels at Pommeroeul indicate that they were constructed following these specific hydrological conditions (e.g., low draught, propulsion by i.a. poling, and fixed width-length ratio).¹⁵ The second- or third century barge of Pommeroeul is of a similar date and type to those found along the Rhine limes (i.e., the barges of De Meern,¹⁶ Woerden,¹⁷ and Zwammerdam¹⁸), but its dimensions (3 m by 18/20 m) place it in the smaller category.

14 Gelaude (2018), p. 42 and 251.

15 Suttor (2011), p. 851, 858–64, and 867. The remains of three vessels were found: two of which have been reconstructed and are now located in the 'Espace Gallo-Romain' (Ath, Belgium). The largest ship, the flat-bottomed barge, is 3 m in width, 18–20 m in length, and has a board height of 67 cm. The wood used in its construction was most likely felled between 197 and 217 CE (de Boe [1980]; de Boe [1978], p. 24–26; Thiébaux [2011], p. 229–31; Suttor [2011]). This relatively low board height indicates the low draught of the ship. The maximum capacity of the ship (analogues to De Meern 1 ship, *infra*), is considered to be between 1 and 14 ton (Jansma / Morel [2007], p. 155–56); a maximum capacity of 30 t, proposed by Suttor (2011), p. 859 seems exaggerated.

16 De Groot / Morel (2007); Jansma / Morel (2007); Aarts et al. (2012).

17 Haalebos et al. (1996).

18 Hazenberg / van der Heijden (2016).

The Transport Network

The Roman-era transport network consists of three modes: 1) sea transport, 2) riverine transport, and 3) land-based transport (i.e., animal-drawn cart). The transport network has been reconstructed based on existing and archaeological features. The characteristics of these modes and the issues concerning their reconstruction will briefly be outlined below.

First, the Roman-era coastline and the location of the North Sea were taken from the Barrington Atlas and adjusted based on archaeological and paleogeographical studies.¹⁹ Unfortunately, there exists a lack of the latter for the (southern) Belgian and French areas, making it impossible to assess the extent of the late-Roman inundations. Second, various human interventions (dam construction, dredging, and rectification of meanders) starting as early as the tenth century, have made it difficult to precisely reconstruct the flow pattern of the Scheldt during the Roman period.²⁰ Nonetheless, present-day riverine characteristics were taken to represent past waterways.²¹ Based on archaeological, cartographical, and historical data, potentially navigable river sections were selected.²² Third, the Roman road network, like the coastline, is derived from the Barrington Atlas. However, the exact location and course of several sections, most notably in the north of the study area (present-day Flanders, Belgium) are not well documented.²³ Therefore, the existing dataset was adjusted based on archaeological data and site locations, which have a higher degree of certainty.²⁴ The primary sections of the road network were constructed between 20 and 10 BCE and complemented in the second quarter of the first century. The most crucial section in the study area connects Boulogne-Sur-Mer to Cologne, via the capitals at Thérouanne, Arras, Cambrai, Bavay, and Tongeren.²⁵

Settlement Pattern

Besides physical corridors, settlements played an essential role in the transportation of goods, offering a variety of services (resting point, transshipment, and military protection) as well as being (intermediary) markets. The study area displays three general phases: early-, middle-, and late Roman.²⁶

19 Vos / van Heeringen (1997); De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 34–40, 66–67; De Clercq (2009), p. 145–147; Vos (2015). The original shapefile come from the Ancient World Mapping Center (from now on called AWMC) (CC BY-NC 3.0 license) (http://awmc.unc.edu/awmc/map_data/shapefiles/physical_data/coastline/ - Last modified 03-02-2014).

20 Sevrin (1990), p. 21, 43–44, and 46; Suttor (2011), p. 851–853; Personal correspondence Dr. Frank Gelaude.

21 Suttor states that the general characteristics of the Scheldt have not changed substantially (Suttor [2011], p. 851).

22 Shapefiles derived from European Environment Agency (EEA). © European environment agency (EEA), Copenhagen, 2012. Prod-ID: DAT-120-en Created 13 Jun 2012 - Published 13 Jun 2012 - Last modified 26 Apr 2018 (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-catchments-and-rivers-network#tab-european-data>).

23 Shapefiles from AWMC (CC BY-NC 3.0 license) (http://awmc.unc.edu/awmc/map_data/shapefiles/ba_roads/ - Last modified 02-06-2016). North-western part improved by Drs. Gerben Verbrugghe (Ghent University – Department of Archaeology). See Verbrugghe, et al. (2017).

24 The result is by no means a detailed reconstruction of the Roman-era road network but simply one that more closely resembles the past transport network.

25 Brulet (2008), p. 64–68.

26 The precise end- and start dates of this temporal classification is the subject of discussion. This paper adopts the following distinction: early Roman period (50 BCE–68/69 CE), middle Roman period (68/69 CE–286 CE), and late Roman period (286 CE–406 CE), in accordance with the chronological classification of De Clercq (2009).

The early Roman period sees the installation of capital settlements (*capita civitatum*): centres of the newly-formed administrative units (*civitates*),²⁷ but the settlement pattern reaches its peak during the middle Roman period. At this time, we see the installation of (semi-)permanent military structures, most likely to secure economic and political interests.²⁸ The most important of these was *Gesoriacum* (Boulogne-sur-Mer), which served as the seat of the *Classis Britannica*.²⁹ From the second half of the second century onward, two coastal *castella* protected the Scheldt estuary, one in Oostkapelle-Oranjeston and one near Walcheren-Roompot. Nonetheless, the region suffered from raids of northern bands such as the *Chauci*, who attacked the coastal regions of the Netherlands and Belgium between 172 and 174 CE, resulting in the installation of a coastal defence system at Aardenburg around 175 CE and later in Oudenburg.³⁰

The late Roman period shows a significant decrease in the number of sites, especially in the northern part of the study area. Moreover, the remaining civilian settlements grow smaller and show signs of fortification, as well as specialisation. This pattern is most visible along the above-mentioned road between Bavay and Cologne.³¹ These developments can be explained by, inter alia, the insurrection of both Postumus (260–280 CE) and Carausius (286–293 CE), and the Germanic incursions starting in the late third century, combined with a general deterioration of the political and economic structure.³² However, the end of the third century also signifies an administrative re-organization in which both provinces and *civitates* are reformed, and several *capita civitatum* relocate to the south; for instance, *Turnacum* (Tournai) replaces *Castellum Menapiorum* (Cassel) as the capital settlement of the north-western civitas in *Belgica Prima*.³³

The military infrastructure also goes through significant changes. The coastal *castella* around the mouth of the Scheldt disappear in the third century, although precise dating is not possible.³⁴ The *castellum* in Aardenburg is destroyed around 275 and is not rebuilt.³⁵ Boulogne-Sur-Mer no longer serves as the seat of the *Classis Britannica* but maintains a military role alongside several smaller coastal fortlets.³⁶ The remaining shore forts possibly acted as secure transshipment points, besides offering defence against barbarian piracy.³⁷ Around 325 CE the *castellum* at Oudenburg is reoccupied and re-fortified.³⁸

Despite having a large number of well-connected rivers and streams,³⁹ the study area displays a modest investment in riverine infrastructure (compared to the Rhine- or Rhône basin). Except for Boulogne-Sur-Mer, no major early-Roman ports exist. In the second century, riverine and coastal ports emerge *ex novo* or in the vicinity of pre-existing settlements (fig. 3): *Turnacum* (Tournai), Pommeroeul, and most likely also at *Ganuenta* (Colijnsplaat) and Domburg. Several sites suggest riverine activity (e.g., Kortrijk, Kerkhove, and Rumst), while others have evidence of modest riverine activity (e.g., Brussels

27 Brulet (2008), p. 81–110; De Clercq (2009), p. 173–96; Coquelet (2011), p. 12–13.

28 De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 61–63.

29 Dhaeze (2011), p. 313–324.

30 De Clercq / van Dierendonck (2009), 62–64; Dhaeze (2009), p. 1231–1237.

31 Brulet (2008), p. 233–47.

32 Wightman (1985), p. 206–11; Brulet (2008), p. 229–36; De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 64; Dhaeze (2009), p. 1238–1239.

33 Delmaire (2004); Brulet (2008), p. 53–54.

34 Dhaeze (2011), p. 285–86; De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 62–63.

35 De Clercq (2009), p. 391–92; De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 63; Dhaeze (2011), p. 209–212.

36 Vanhoutte (2007); De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 66–67; Dhaeze (2011), p. 299–308.

37 Morris (2010), p. 136–37.

38 De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 66–67; Dhaeze (2011), p. 209–211, and 299–308.

39 Strab. geogr. 4,1,2.

and Ramegnies-Chin). During the late-Roman period, several of these riverine sites are abandoned. Only Tournai, Kortrijk, Boulogne-sur-Mer, and Etaples exhibit sufficient evidence of occupation (and riverine activity) throughout the late third and fourth century.

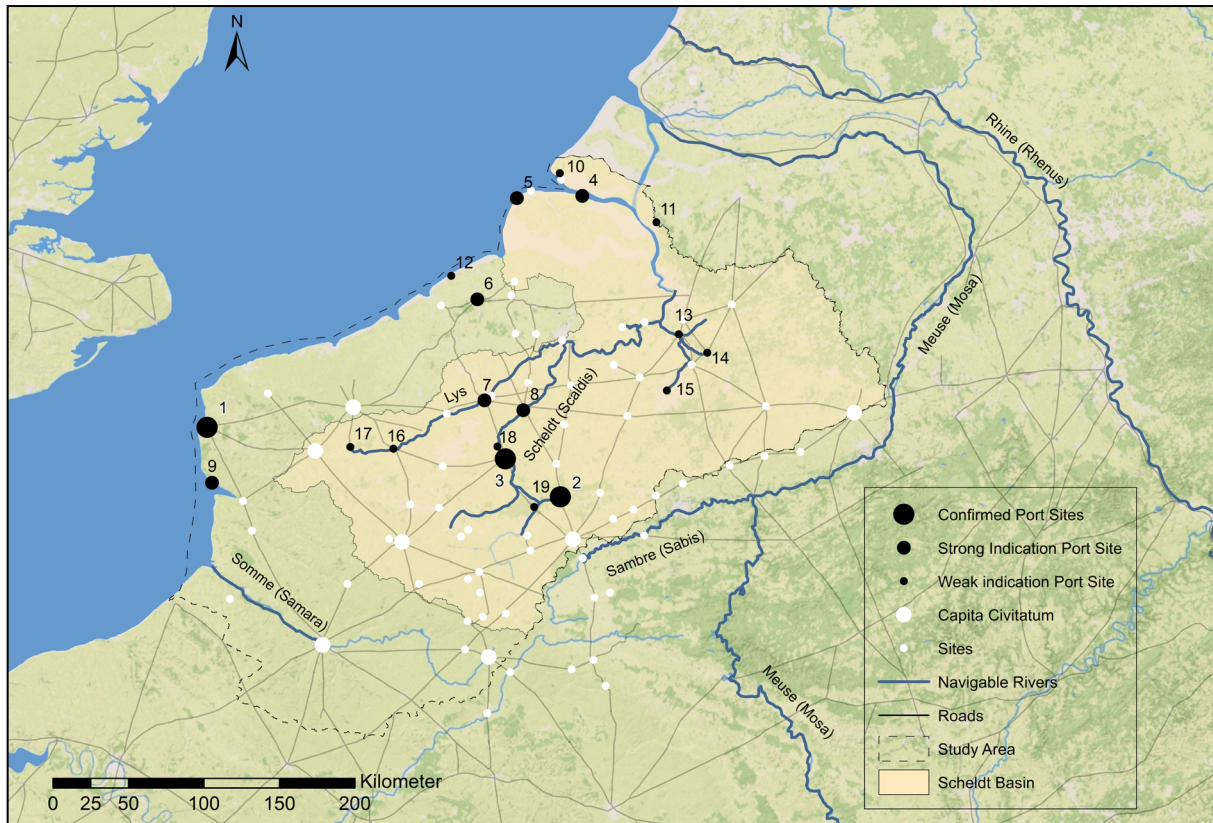


Fig. 3: The transport network in the middle Roman period showing navigable rivers, roads, and relevant sites in the study area. Archaeologically confirmed ports: 1) Boulogne-Sur-Mer, 2) Pommeroeul, and 3) Tournai. Sites with very strong indications of either a port or a harbour : 4) Colijnsplaat and 5) Domburg. Sites with strong indications of riverine transport infrastructure: 6) Bruges, 7) Kortrijk, 8) Kerkhove, 9) Etaples. Sites with either weak evidence of riverine transport infrastructure or evidence of a minor installation (i.e., quay): 10) Westenschouwen, 11) Bergen op Zoom, 12) Wenduine, 13) Rumst, 14) Rijmenam, 15) Brussels, 16) Estaires (La Gorgue), 17) Thiennes, 18) Ramegnies-Chin, 19) Escautpont.

Traders and Transporters

The Roman presence in Northern Gaul gave rise to a Gallo-Roman elite, who – by analogy with the *Civitas Treverorum* (Trier) or *Lugdunum* (Lyon) – was likely involved in (riverine) trade; although very little is known about their specific economic interests.⁴⁰ Furthermore, there is no evidence that indicates the existence of *collegia* (professional guild-like organisations) in the study area, despite these being a common feature in other areas of Gaul (e.g., around *Lugdunum*).⁴¹

40 Wightman (1985), p. 162; Schlippschuh (1987), p. 92, 161–63; Bérard (1999), p. 122–23; Dondin-Payre (1999), p. 206; Schmidts (2011), p. 46.

41 Verboven (2018), p. 233–234.

Hundreds of inscribed votive altar stones, dedicated to the goddess Nehalennia, have been found in the Scheldt estuary, specifically around Domburg and Colijnsplaat.⁴² The context of these stone monuments is unclear. They were most likely located around temples dedicated to the goddess Nehalennia, the patron of shippers,⁴³ at both Domburg and Colijnsplaat. The latter, which likely bore the name *Ganuenta*, was probably a port facility (or harbour) and trade centre connecting northern Gaul with Britain and the Rhine.⁴⁴ The stone monuments have been attributed to the last decades of the second century, extending into the first decades of the third century.⁴⁵ This is around the same time that the harbours at Goederee and Naaldwijk, between the mouths of the Meuse and Rhine, flourish.⁴⁶

Several dedicants, of whom we know the name, mention their origin, allowing us to produce an image of the trade network centred around *Ganuenta* (fig. 4).⁴⁷ Most of them came from the *Gallia Belgica* and *Germania Inferior*; more specifically: *Municipium Batavorum* (possibly one),⁴⁸ *Durnomagus* (one),⁴⁹ *Colonia Claudia Ara Agrippinensium* (four to eight),⁵⁰ *Civitas Treverorum* (four),⁵¹ *Civitas Tungrorum* (possibly seventeen),⁵² *Civitas Veliocassorum* (one),⁵³ *Civitas Sequanorum* (one),⁵⁴ *Civitas Rauracorum* (one).⁵⁵ Several dedicants also mention where (or with whom) they were conducting trade: one traded salt for Cologne (*negotiator salarii Coloniae Claudiae Arae Agrippinensium*),⁵⁶ four were active in Britain (*negotiatores Britannici*),⁵⁷ and one moved between Boulogne-Sur-Mer and Kent (*negotiator Cantianus et Geserecanus*).⁵⁸

The profession of several dedicants is also cited: on top of the above-mentioned *negotiatores britannici*, there are two who simply call themselves *negotiator*,⁵⁹ three specify trading in fish sauce (*negotiator allecarius*);⁶⁰ four in salt (*negotiator salarii*);⁶¹ and two possibly in wine.⁶² Not all of them

42 Stuart / Bogaers (2001); Stuart 2013.

43 Stuart / Bogaers (2001), p. 209.

44 Bogaers (1971); Vos / van Heeringen (1997), p. 65–65; Stuart / Bogaers (2001) B50; De Clercq / van Dierendonck 2009, p. 56; de Bruin (2012), p. 145; Verboven (2018), p. 230.

45 Stuart / Bogaers 2001, p. 40–41; Four monuments contain consular dates: 188 CE (A54), 193 CE (A33), 223 (A5), 227 (B37).

46 De Bruin (2012), p. 151–53.

47 Verboven (2018), p. 229–34.

48 Stuart / Bogaers (2001) B37 = B63 = C6 = C17.

49 Stuart / Bogaers 2001, B30.

50 Certainly from Cologne: Stuart / Bogaers (2001) A26 and A49; explicitly stating Cologne as residence: A1 and A54; most likely from Cologne: A3 (= Hondius-Crone [1955] 23 = 7) A5, and A7; most likely identical to inscriptions found in Cologne: A11 and B94. Possibly from Cologne family Hondius-Crone (1955) 4 = Stuart (2013) 21. See: Stuart / Bogaers (2001), p. 32–33, and 214; Stuart (2013), p. 78–80; and Verboven (2018), p. 231.

51 Stuart / Bogaers (2001) A1, B44, and B45.

52 Stuart / Bogaers (2001) B47, 48, 50, 51, 79–84, 106–11, and potentially B49.

53 Stuart / Bogaers (2001) A6.

54 Stuart / Bogaers (2001) A57.

55 Stuart / Bogaers (2001) A41.

56 Stuart / Bogaers (2001) A1; Verboven (2018), p. 231.

57 Stuart / Bogaers (2001) A3, A6, A11 = A37, and B10.

58 Stuart / Bogaers (2001) A9.

59 Stuart / Bogaers (2001) A53 and B14.

60 Stuart / Bogaers (2001) A34, A39, and B44.

61 Stuart / Bogaers (2001) A1, A26, A49, and B1.

62 Stuart / Bogaers (2001) A8 and A41.

are traders: one is a ‘representative’ (*agens rem adiutor*),⁶³ another is shipper (*nauta*),⁶⁴ and even a ship’s captain (*actor navis*) is mentioned.⁶⁵ Then there is Mercatorius Amibilis who dedicates a monument to his ships (*pro navibus*).⁶⁶ Some ask the goddess for ‘good enterprises’ (*ob meliores actus*),⁶⁷ while others ask her to keep their wares safe (*pro mercibus bene conservandis*)⁶⁸ or thank her for already having done so (*ob merces bene/recte conservatas*).⁶⁹

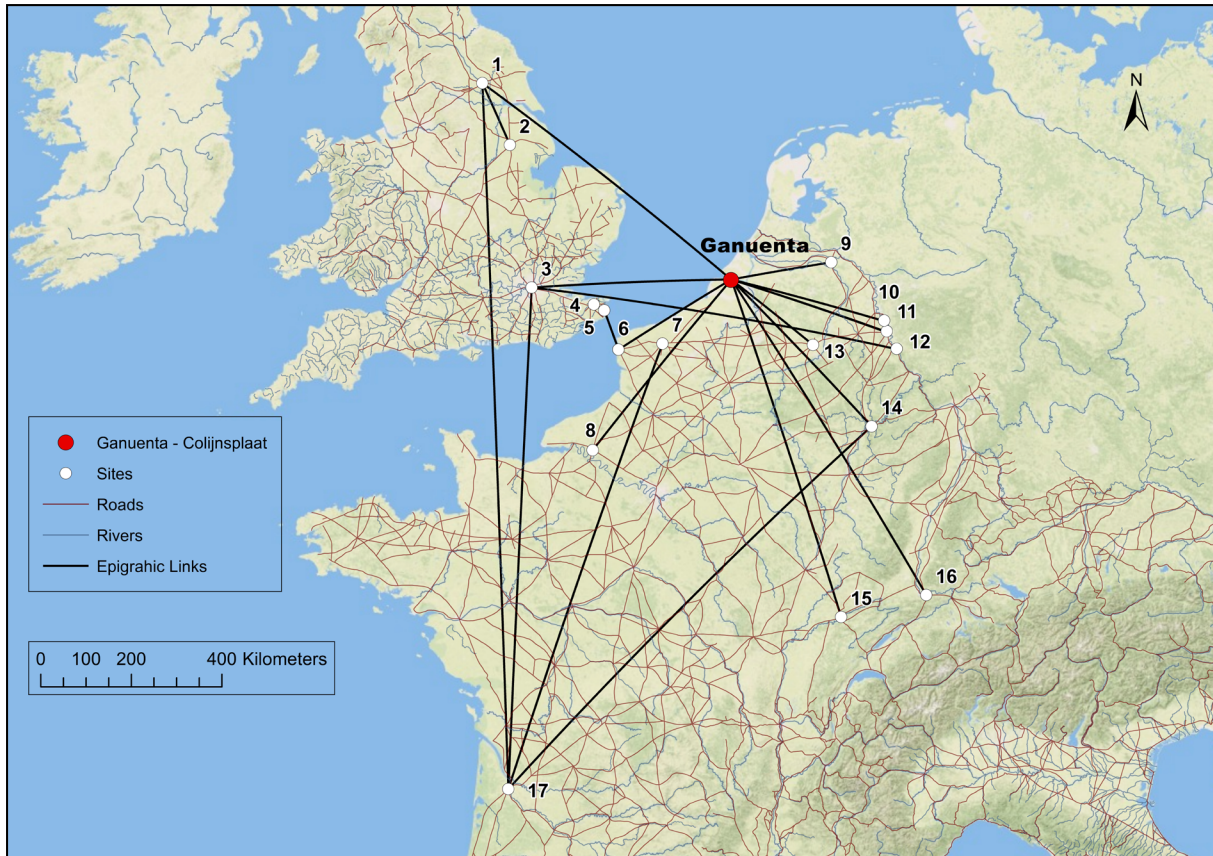


Fig. 4: Reconstruction of the network centred around Ganuenta, based on epigraphic evidence. Sites: 1) Eburacum (York), 2) Lindum (Lincoln), 3) Londinum (London), 4) Durovernum Cantiacorum (Kent), 5) Portus Dubris (Dover), 6) Gesoriacum (Boulogne-Sur-Mer), 7) Castellum Menapiorum (Cassel), 8) Rotomagus (Rouen), 9) Municipium Batavorum (Nijmegen), 10) Durnomagus (Dormagen), 11) Colonia Claudia Ara Agrippinensium (Cologne), 12) Bonna (Bonn), 13) Atuatuca Tungrorum (Tongeren), 14) Augusta Treverorum (Trier), 15) Vesontio (Besançon), 16) Augusta Rauracorum (Augst), 17) Burdigala (Bordeaux).⁷⁰

63 Stuart / Bogaers (2001) A29.

64 Stuart / Bogaers (2001) A57.

65 Stuart / Bogaers (2001) B38.

66 Stuart / Bogaers (2001) B2 and B4.

67 CIL XII, 8782; Verboven (2018), p. 233.

68 Stuart / Bogaers (2001) A62 and B3.

69 Stuart / Bogaers (2001) A3, A9, A42, B10, and B37.

70 The connection Eburacum – Ganuenta is presumed on the basis of Viducius Placidus, who is attested in both sites (Stuart / Bogaers [2001], A6; RIB 3, 3195); Also see M. Aurelius Lunar, Sevir Augustalis of Eboracum (York) and Lindum (Lincoln) and possible negotiator (AE 1922, 116); Bordeaux is connected with Britannia and Trier through L. Solimarius Secundinus, civis Treverus negotiator Britannicianus around 151–220 CE (CIL XIII, 634; ILA, Bordeaux 209; Krier[1981], p. 23–25); The Civitas Menapiorum is connected through Pompeia Menapia ca. 201–250 (CIL XIII, 624; ILA, Bordeaux 210).

The *Ganuenta* trade network connected northern Gaul with *Britannia* via the North Sea and accommodated the distribution of goods along the coast, both in a northern direction (to the mouths of the Meuse and Rhine) and in a southern direction (towards Boulogne-Sur-Mer or further inland). It extended between Besançon (eastern France) in the south and York (northern England) in the north, with Bordeaux as a southern extremity. The network most likely linked up to that of *Augusta Treverorum* (Trier) in the east. Trier, on the bank of the Moselle (the largest tributary of the Rhine), was not only the capital of the province *Gallia Belgica* but also served as a major centre of trade with an own trading elite.⁷¹

Spatial Network Analysis

This study has presented the physical environment, as well as the transport- and socio-economic network. It now turns to the study of connectivity.⁷² According to de Soto ‘connectivity’ and ‘accessibility’ can be seen as overlapping terms,⁷³ yet this study distinguishes between (general) ‘connectivity’ and ‘accessibility’ (i.e., the result of accessibility analysis). In order to study connectivity, two types of GIS-based spatial network analyses have been performed: cost-distance and accessibility analysis.⁷⁴ The former visualises the cost of transporting 1000 kg over 1 km (expressed in wheat) from one point to the rest of a predetermined multi-modal network.⁷⁵ The latter visualizes the accessibility of an entire region, by calculating the value of every junction (i.e., intersection) based on the cumulative value of the incoming edges (the sea, a road, or a waterway).⁷⁶ Behind these analyses lies the hypothesis that points with a higher degree of accessibility (or lower transport costs) display a higher amount of (transported) goods.⁷⁷ Both cost distance and accessibility analysis are based on set ratios between the different means of transport (table 1), following the methodology constructed by de Soto.⁷⁸ Sea transport is by far the most efficient (in terms of volume, speed, and cost), followed by downstream river transport, upstream river transport, and finally land-based transport. Cost distance analysis attributes transport costs (column 3) as a cumulative value per distance unit (km), while accessibility analysis utilises a constant edge value (column 4) per section. It is important to note that these (cost) values are not to be taken literally, since they may vary significantly depending on the local conditions (terrain, weather, relief), the transported goods, and the wider economic context (risk, supply vs. demand, etc.). Both accessibility and cost distance analysis merely demonstrate the potential of the transport network.⁷⁹

71 Wightman (1985), p. 56–58, 62, 150–53, 156–57, 162, 192; Krier (1981), p. 174–88; France (2004), p. 157–68; Verboven (2018), p. 231–232.

72 De Soto describes connectivity as: “[...] the capacity of the different urban settlements to allow the circulation of people and goods.” (de Soto [2019], p. 277). This definition is different from that of Horden and Purcell (2000), and focusses more on the role of settlements instead of the connection between (micro) regions.

73 De Soto (2019), p. 277.

74 De Soto 2010; Carreras / de Soto (2013); de Soto / Carreras (2014); Carreras et al. (2019); de Soto (2019); Overview of the application of network analysis in archaeology: Brughmans (2010); Computer-based analysis and reconstruction of transport routes: Verhagen et al. (2019), p. 217–329.

75 Mees (2011); Carreras / de Soto (2013), p. 120; Franconi / Green (2019); de Soto (2019), p. 280–82.

76 De Soto (2013); Herzog (2013); de Soto (2019).

77 Carreras / de Soto (2013), p. 120; Franconi / Green (2019), p. 70.

78 De Soto (2010); Carreras / de Soto (2013); de Soto / Carreras (2014); Carreras et al (2019); de Soto (2019).

79 Carreras / de Soto (2010); de Soto (2010a); de Soto (2010b); Carreras / de Soto (2013), p. 120; de Soto (2019), p. 276–83.

Transport mode	Ratio	Transport cost	Edge value
Sea	1	0,097 kg ton/km	4
Riverine transport (downstream)	3,1	0,33 kg ton/km	3
Riverine transport (upstream)	6,8	0,66 kg ton/km	3
Land-based transport	50,72	4,92 kg ton/km	1–2

Tab. 1: Transport modes with ratio, transport cost, and edge value and characteristics. After de Soto 2019, p. 283 table 13.3.

Cost distance analysis has been performed on four sites: the capital settlement *Bagacum* (Bavay), the port facility and late-Roman capital *Turnacum* (Tournai), the port-*vicus* Pommeroeul, and the port facility *Ganuenta* (Colijnsplaat). These sites have strong evidence for a role in the riverine network, while at the same time representing different locations (i.e., along the coast, along a river, at a crossroads).

First *Bagacum*, displays a central position within the network. Goods can be transported cost-efficiently to the valleys of the Scheldt, Meuse, Somme, and the North Sea coast (fig. 5). These results can be explained by *Bagacum*'s advantageous position on a junction of roads since it has no direct access to a river.⁸⁰ Nonetheless, it seems plausible that these favourable results can also be explained by connections to nearby rivers. The port-*vicus* of Pommeroeul (infra) for instance, was directly accessible by a 20 km-long road section. These results explain why *Bagacum* served as a political and economic centre for more than three centuries.⁸¹

Second, the port-*vicus* of Pommeroeul, located 20 km north of *Bagacum* on an extinct branch of the river Haine (an eastern tributary of the Scheldt),⁸² clearly displays a cost-efficient position (fig. 6). Compared to *Bagacum*, it displays lower transport costs for the Scheldt valley but slightly higher costs for the Meuse valley. These lower costs would logically bring about a north-western oriented distribution of goods from Pommeroeul. Consequently, Verboven and De Clercq note a high similarity in the (second- and) third-century coin assemblages of Pommeroeul and several sites to the north: Merendree, Aardenburg, and Oudenburg.⁸³

⁸⁰ Delmaire (2011).

⁸¹ Delmaire (2011); Coquelet (2011), p. 137–138.

⁸² De Boe (1978); de Boe (1980); Thiébaux (2011).

⁸³ Verboven / De Clercq (2017).

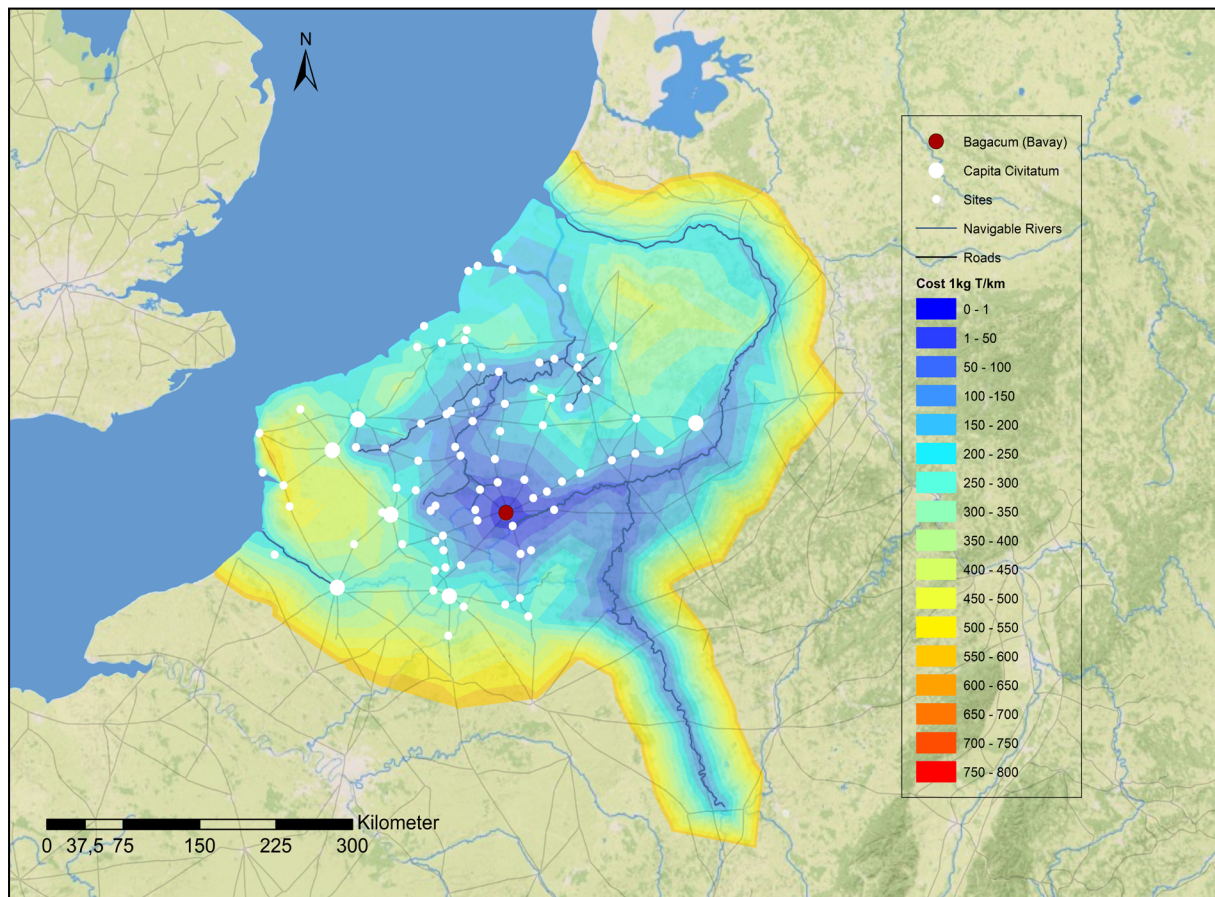


Fig. 5: Cost-distance analysis from Bagacum (Bavay) in the middle-Roman transport network.

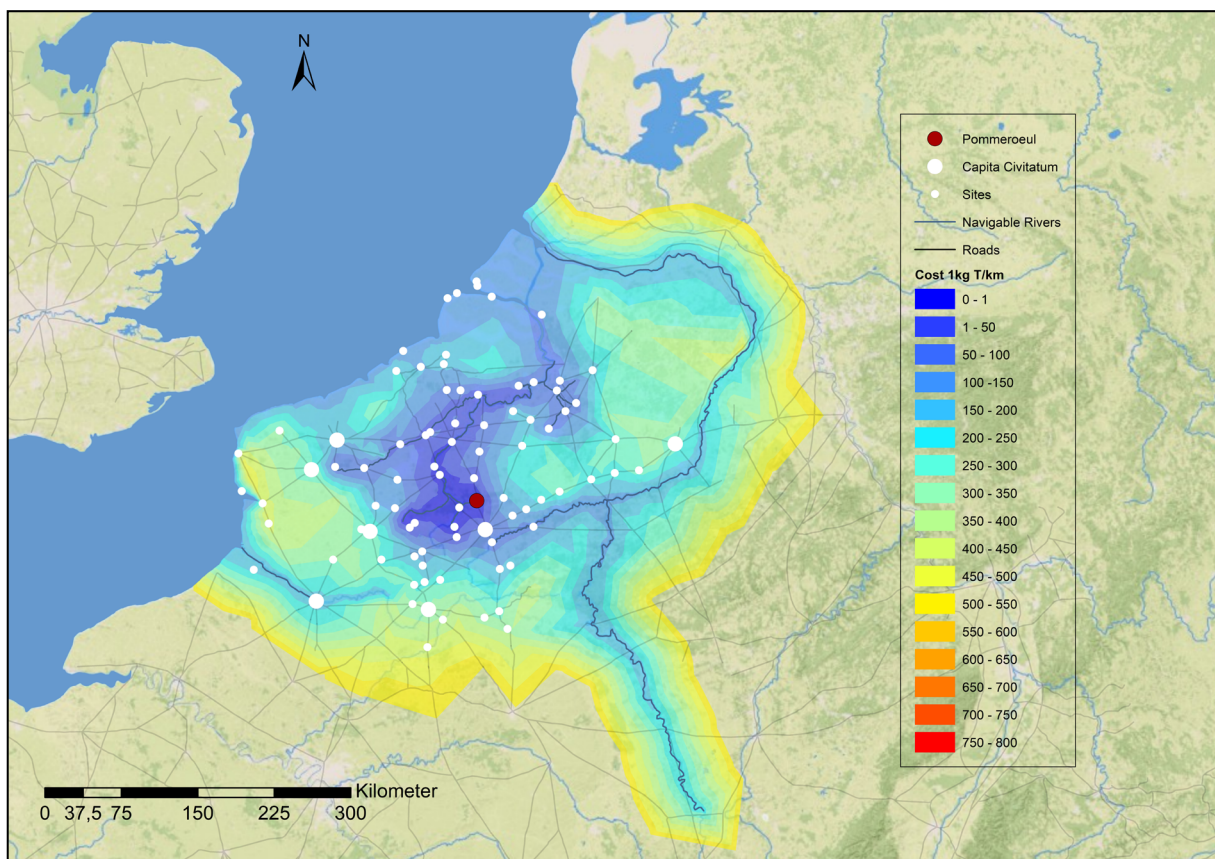


Fig. 6: Cost distance analysis from Pommeroeul in the middle-Roman transport network.

Third, *Ganuenta* shows low transportation costs for goods coming from the Scheldt valley, the North Sea coast and even the Somme (fig. 7). These results give further credence to its presumed role as an important junction in the (supra)-regional transport network geared towards cross-channel transport.⁸⁴ Furthermore, recent studies have shown the viability of an Atlantic sea route for goods travelling from Spain to the Rhine region.⁸⁵ It is not unthinkable that *Ganuenta* played a role in this large-scale transport network. The epigraphical evidence (supra) further confirms economic ties with both *Britannia* and *Germania*.⁸⁶ It is therefore likely that *Ganuenta* served as transshipment location, where goods transferred between riverine vessels (i.e., flat-bottomed barges) and keeled seagoing vessels.

Finally, *Turnacum* presents low transport costs for the Scheldt valley but relatively high costs for regions not connected by waterways (fig. 8). Until the third century, it served as a (modest) port-*vicus*, before being promoted to *caput civitatis* of the newly-formed *Civitas Turnacensium*.⁸⁷ This makes it the first and only capital settlement – within the study area – along a navigable inland river. It remains tentative why several administrative capitals, *Bagacum* and *Castellum Menapiorum* among them, were moved to pre-existing southern sites in the late Roman period. Socio-political, environmental and economic factors have all been proposed.⁸⁸ In the case of *Turnacum*, the reasons can be found in its direct access to the Scheldt (in a time when northern roads were possibly unsafe or neglected) and its vital role in the distribution of limestone (infra).⁸⁹ However, it could simply be related to the desire of the local administration to move their base of operations closer to home and away from the unfavourably positioned *Castellum Menapiorum*.⁹⁰

Accessibility analysis has been performed for both the middle and late Roman network, allowing a comparison between two distinct periods. Accessibility analysis can be performed in various ways; this study distinguishes between an approach based solely on junctions and one based on nodes (i.e., junctions and sites). Here the former is applied. In other words, accessibility was measured by only taking into account physical junctions (intersections of roads, roads and rivers, etc.), while ignoring sites (i.e., nodes). By eliminating sites in the research set up, these could later be used in the evaluation of the results without running the risk of falling into circular reasoning.

84 Wightman (1985), p. 155; Hassall (1978), p. 43; Trimpe Burger (1997), p. 47; Stuart / Bogaers (2001), p. 44–46; De Clercq / van Dierendonck (2008), p. 48; Morris (2010), p. 62, 75, and 109–10; de Bruin (2012), p. 145; Stuart (2013), p. 42.

85 Carreras / Morais (2012); Morillo et al (2016); Schäfer (2016).

86 De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 56.

87 Not. Gall. 6, 7; Brulet (2008), p. 54, 374–379.

88 Delmaire (2004), p. 45–47.

89 Brulet (2008), p. 239.

90 Delmaire (2004), p. 45–47.

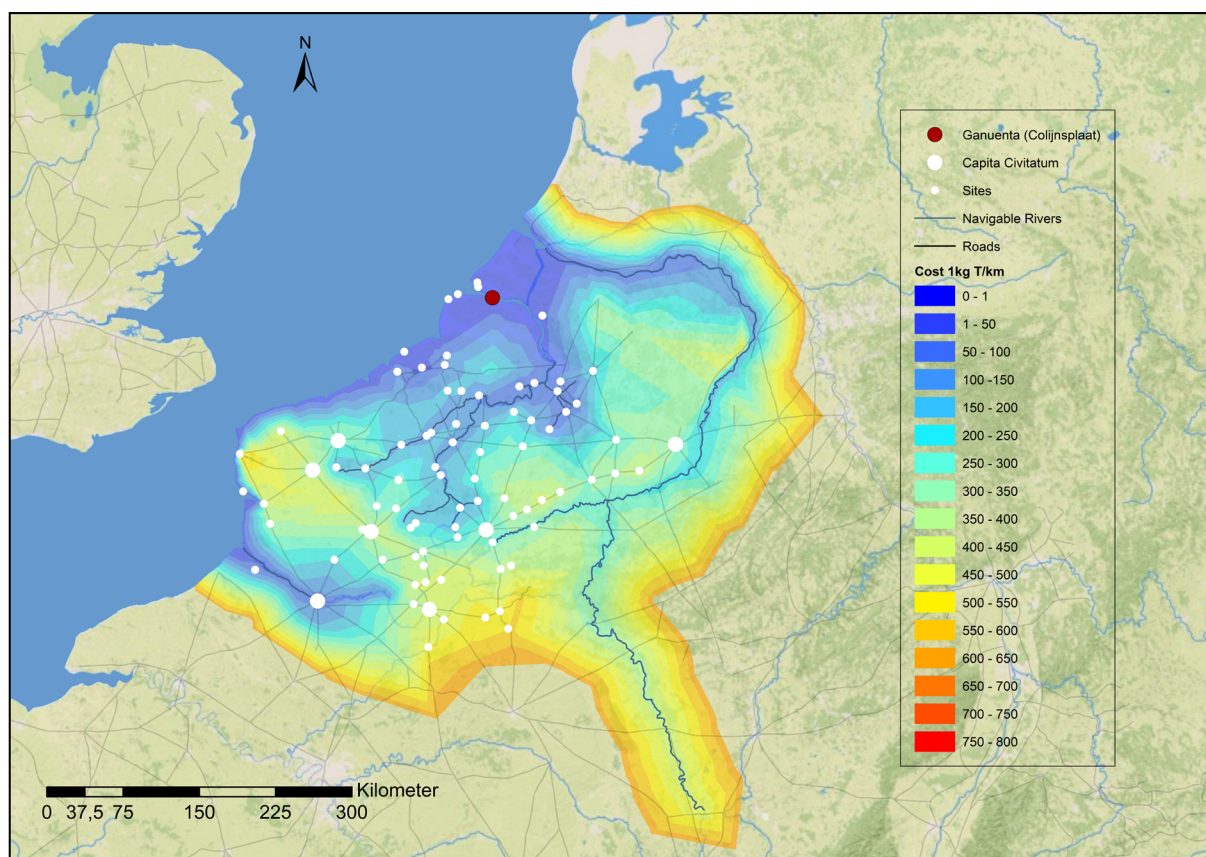


Fig. 7: Cost distance analysis to Ganuenta (Colijnsplaat) in the middle-Roman transport network.

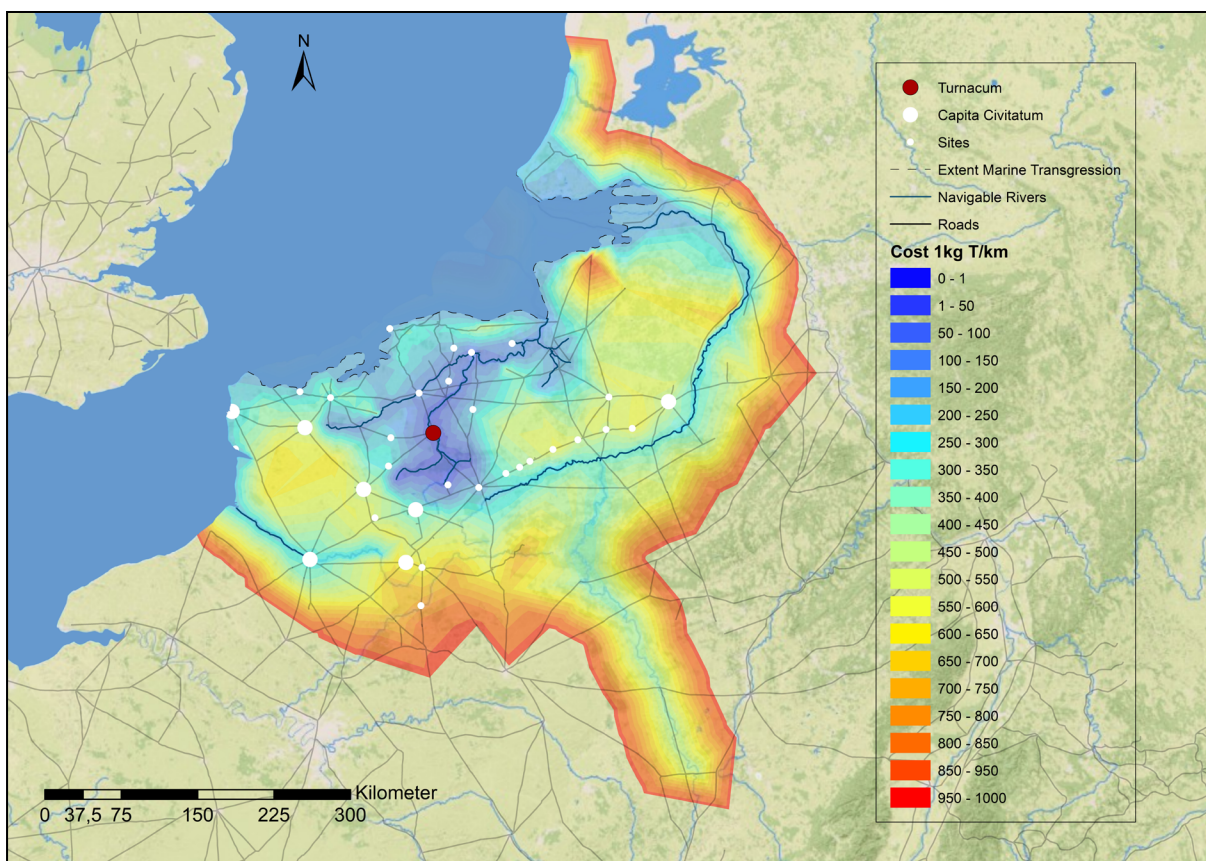


Fig. 8: Cost distance analysis from Turnacum (Tournai) in the late-Roman transport network.

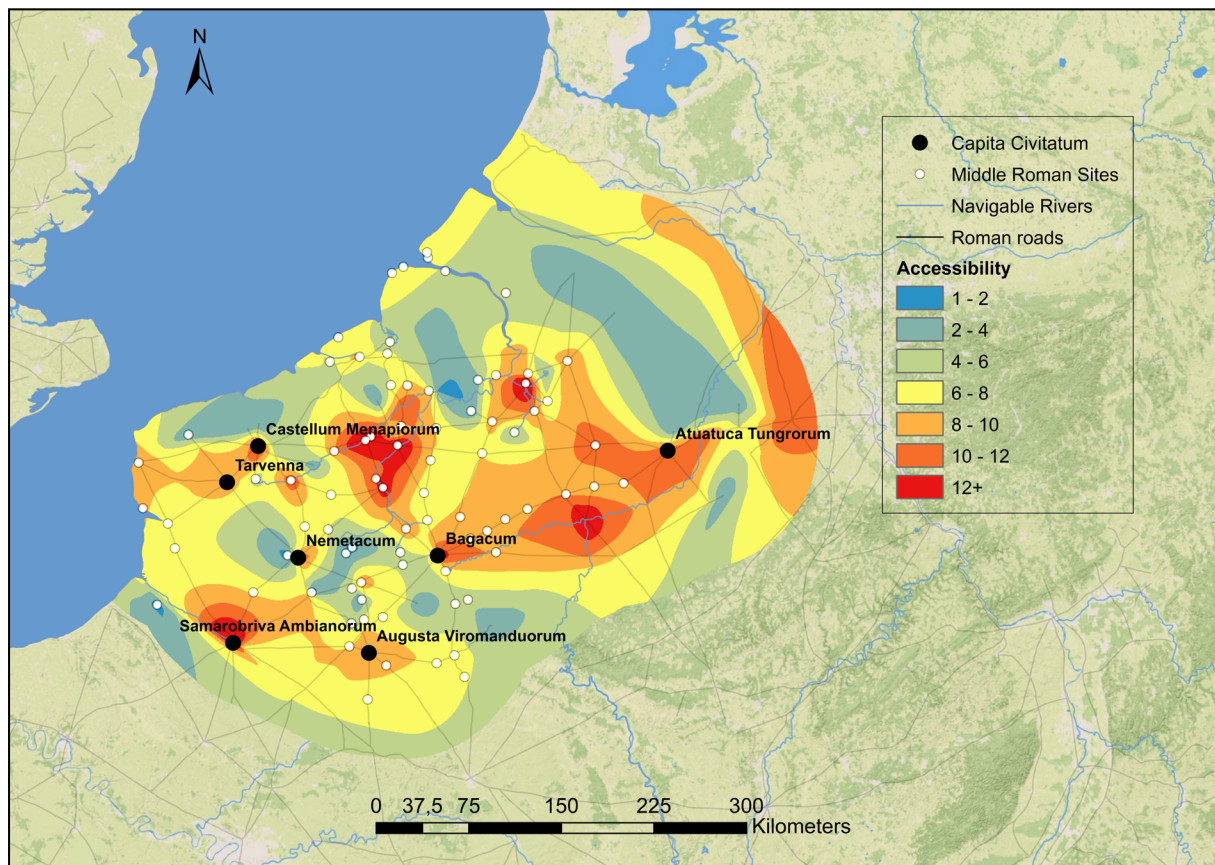


Fig. 9: Accessibility analysis of the middle-Roman transport network.

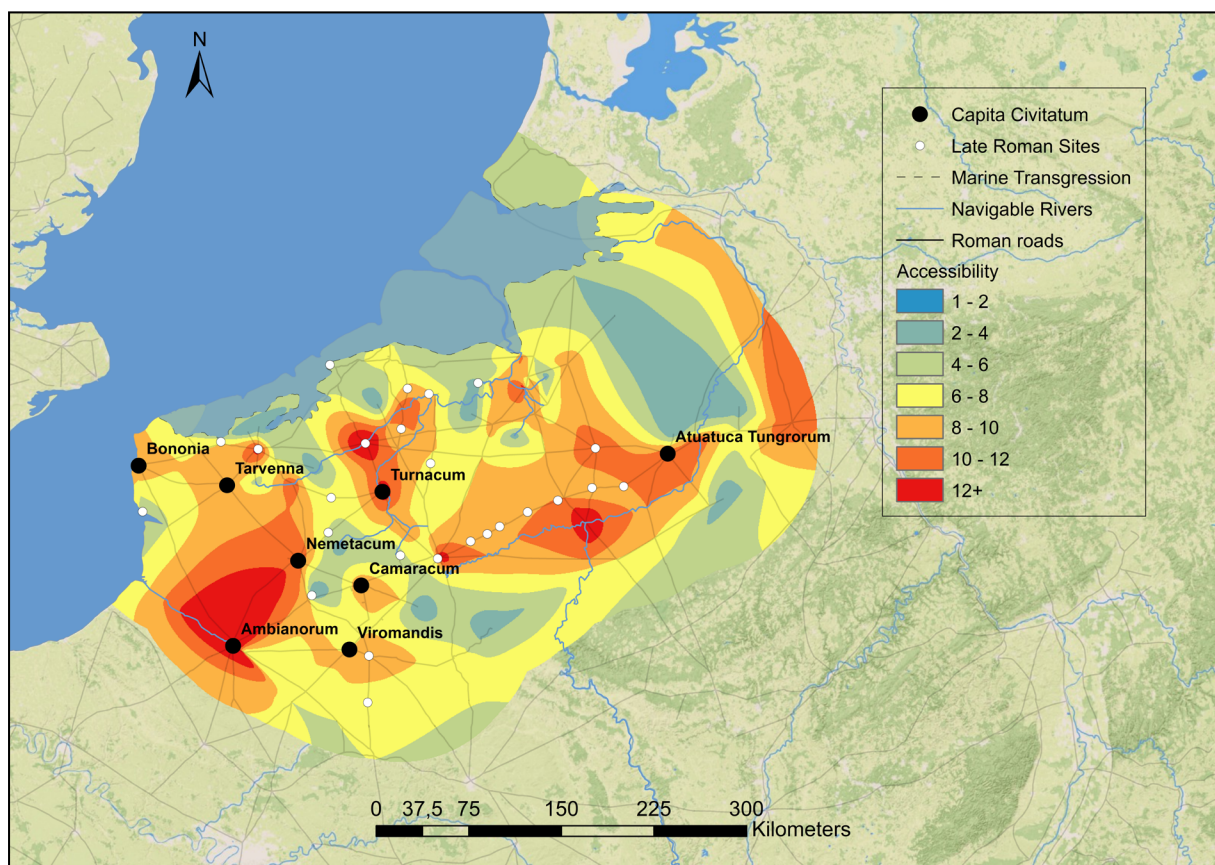


Fig. 10: Accessibility analysis of the late-Roman transport network.

The analysis of the middle Roman period (fig. 9) shows the highest accessibility values in the areas where a navigable river is intersected by several roads or at the confluence of several rivers and a road: i.e., the area around Amiens, the middle Scheldt valley, the confluence of the Dyle and Zenne near Rumst, and at the confluence of the Sambre (*Sabis*) and Meuse (*Mosa*). The exception to this rule is Bavay, which is only served by roads. High accessibility values are also found in areas where several roads converge (i.e., the areas around *Castellum Menapiorum*, *Tarvenna*, *Viromanduorum*, and *Atuatuca*). The study area is generally well-connected due to the extensive road network. However, areas with no evidence of either navigable rivers or road sections (i.e., the north-eastern part of the study area, several coastal and inland regions) remain relatively inaccessible. It is these areas which also contain the lowest number of sites. The highest values are surprisingly not found along the coast, where a possible lack (of evidence) of roads or navigable rivers distorts the results.⁹¹ Nonetheless, the southern coastal zone (Boulogne-Sur-Mer and Amiens) shows higher accessibility values compared to the northern part (Colijnsplaat and Domburg).

The network of the late Roman period (fig. 10) shows a slight decrease in general accessibility, related to rising sea levels, erasing both land- and water-routes. At the same time, there is an increase in accessibility in the southern part of the study area, which has a direct connection to the sea and a high amount of (cross)roads. In the northern part of the study area, the highest values are found around *Turnacum* and a little to the north (i.e., Kortrijk – *Cortoriacum*). The values in the eastern part of the study area (around *Atuatuca Tungrorum*) remain unchanged.

To conclude, access to (seasonally) navigable rivers lowered transport costs and improved accessibility. However, where cost distance analysis shows a reliance on rivers to improve transport costs, accessibility seems to be primarily determined by access to the road network. Access to waterways was beneficial but not paramount in the transport network of the Roman-era Scheldt basin. Therefore, rivers can be seen as cost-efficient south-north (downstream direction) transport corridors to the North Sea, complementing a road network geared towards connecting north-western Gaul (and the coast) to the Rhine in the east.

Transported Wares

The distribution of several material categories demonstrates the supra-regional role of the Scheldt basin. This section will discuss the distribution of various goods such as stone, ceramics, wood, and salt. These goods represent non-perishable bulk goods, consumer goods, and perishables.

First, Tournai limestone was most likely transported down the Scheldt between the second and fourth century. Tournai limestone was quarried in the area around *Turnacum* and was used to construct both the second-century *castellum* of Aardenburg as well as the fourth (last quarter of the third century) and fifth (second quarter of the fourth century) phases of the *castellum* in Oudenburg.⁹² Several arguments can be made to support a predominantly fluvial transport route for these stones: 1) it would have been inefficient to transport these large amounts of stone by carriage;⁹³ 2) both *castella* are located more than 100 km north of the quarry; 3) both had good connections to either the Scheldt or the North Sea; 4) the quarries themselves were located near the port of *Turnacum*.

91 It is possible that several tidal inlets, as well as the first sections of the Yser and Aa were at times navigable for certain ships, but there is currently very little evidence to support these theories. See De Clercq (2009), p. 255–256.

92 De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 63–66; Vanhoutte (2007), p. 222, 230.

93 Regular (ox-drawn) wagons would have carried 1–2 tonnes (Russell [2013], p. 97–100).

Second, the construction of the *castellum* of Aardenburg used not only limestone but also volcanic tuff from the Middle Rhine region.⁹⁴ These, as well as basaltic lava querns and millstones with a similar origin, were common in the northern part of the study area.⁹⁵ The early distribution of stone products from the Middle Rhine area is linked to the military,⁹⁶ as demonstrated by, among others, the discovery of a basaltic quern in ‘De Meern 1’.⁹⁷ Stone goods from the Rhine area were transported downstream and further distributed south via the North Sea, possibly via Domburg and Colijnsplaat.⁹⁸

Third, another frequently attested stone type is Macquenoise sandstone from the area around Hirson (northern France) and Macquenoise (southern Belgium).⁹⁹ Much like basaltic lava stones they display a wide distribution (more than 100 km from the extraction point) throughout the entire Roman period, but they are predominantly attested in civilian settlements.¹⁰⁰ Despite the northern distribution, throughout the valley of the Scheldt, Picavet et al. conclude that they were mainly transported by road.¹⁰¹

Fourth, oak is also indicative of the supra-regional character of the Scheldt. Jansma et al. conclude, based on dendrochronological evidence, that the above-mentioned De Meern 1, as well as De Meern 4 and 6, were most likely constructed with oak trees from the Scheldt region.¹⁰² Furthermore, wood of a similar origin seems to be absent along the Lower Rhine limes. This combined evidence leads the authors to conclude that these ships navigated from the Scheldt to the Rhine through a combination of inland waterways and dug canals.¹⁰³

De Meern ships are not the only transport vessels with a link with to the Scheldt basin. The Woerden 1 barge was excavated near the Roman *castellum* at *Laur(i)um*, less than 15 km west of the Meern, together with its inventory and cargo. Similar to De Meern 1 and the barge of Pommeroeul, it is dated to the second century.¹⁰⁴ Among the inventory were five ceramic vessels, of which four originate from the Flemish coastal area. Moreover, plant remains resembling the original cargo, covered the wooden floor of the ship.¹⁰⁵ The analysis of these remains points to emmer wheat from the Loess area (Rhineland, central Belgium, and northern France, fig. 1).¹⁰⁶ The combination of several containers from Flanders, a rare occurrence in the Rhineland, and cargo from the Loess area leads Haalebos to conclude that the Woerden barge most likely transported grain from northern France down the Scheldt and up the Rhine to the limes *castella*.¹⁰⁷

Fifth, another commodity deriving from the Scheldt region is ‘Low Lands Ware I’ (LLWI), a pottery type found in high numbers between the first and third century. It was most likely produced around the area of Bergen op Zoom and displayed a water-based distribution along the Rhine, Meuse, Scheldt,

94 Trimpe Burger (1997), p. 29; De Clercq / van Dierendonck 2009, p. 63.

95 Reniere et al. (2016), p. 410; Reniere (2018), p. 383–89, 452.

96 Reniere (2018), p. 383–389.

97 Mangartz (2007), p. 246–254.

98 Reniere (2018), p. 389.

99 Picavet et al. (2018), p. 36–37.

100 Reniere et al. (2016), p. 412–13; Picavet et al. (2018), p. 37; Reniere (2018), p. 365–367, p. 388–389.

101 Picavet et al. (2018), p. 36–37.

102 Jansma et al. (2014); Wood used for the construction of De Meern 1 (Jansma et al. 2014) was felled around 145 CE, De Meern 4 around 100 CE (Jansma 2007), and De Meern 6 around 158 CE (Dallmeijer / Morel 2012).

103 Jansma et al. (2014), p. 484, 485, and 492–95; Jansma et al. (2017).

104 The trees used to construct the Woerden 1 were most likely felled around 175 CE (Haalebos [1996], p. 482).

105 Haalebos et al. (1996), p. 482, 485–487, and 502–509.

106 Pals / Hakbijl (1992), p. 294.

107 Haalebos et al. (1996), p. 490. Also see: de Bruin (2012).

North Sea coast, and the adjacent inland regions.¹⁰⁸ LLWI is furthermore found along the southeast coast of Britain, where the potential role of Colijnsplaat and Domburg again comes up.¹⁰⁹

Sixth, during the second and third century, the north-western part of the research area displays higher amounts of *terra sigillata* from the Rhine production centres (i.e., Trier and Rheinzabern) compared to the eastern part of the study area. This distribution is striking since the latter is closer to the production centres. According to De Clercq, this can be explained by the favourable position of the Scheldt basin facilitating efficient import from the Lower and Middle Rhine region.¹¹⁰

Finally, wool, salt, meat and fish products, and other perishables such as grain, were undoubtedly produced and transported throughout the study area.¹¹¹ Unfortunately, these products leave fewer archaeological traces. Salt was one of the leading export products of the North Sea area.¹¹² Besides the above-mentioned traders in salt, two first-century inscriptions from Rimini (Italy) honour L. Lepidius Proculus, *ex-centurio*, on behalf of the *salinatores* of the Menapii and the Morini.¹¹³ Another inscription from *Municipium Batavorum* (Nijmegen) mentions Marcus Liberius Victor, a grain trader (*negotiator frumentarius*) from the *civitas* of the Nervii.¹¹⁴ Menapian ham was on two occasions mentioned in Roman sources: in the first century by Martialis and in 301 on Diocletian's Price edict.¹¹⁵ The same source mentions wool from the Nervii, while the *Notitia Dignitatum Occidentis* mentions an official (*procurator gynaeceii Tornacensis*) responsible for a military textile *fabrica* located in *Turnacum*.¹¹⁶

Conclusion

This paper assessed the role of the river Scheldt in the Roman-era transport network. The combined data has shown that the Scheldt functioned as a transport corridor, in combination with the extensive road network and maritime trade routes.

The basin of the Scheldt is characterised by a diverse landscape, capable of supporting a variety of economic activities. It naturally holds a strategic position between northern Gaul, Britain, and the Rhine limes. The extensive river network depends on rainfall to maintain the necessary water level and flow rate, capable of supporting transport. These natural conditions imposed inescapable seasonal restrictions on riverine transport. Nonetheless, investments in riverine infrastructure (i.e., ports and quays) were made and the discovery of a second-century transport barge, further confirms the role of the Scheldt in transporting goods.

Epigraphic evidence reveals a supra-regional trade network at the end of the second century, connecting the Scheldt estuary to Britain, the Rhineland, and northern *Gaul*. The chronology of the *Ganuenta* network coincides with a phase of increased economic activity and riverine investments along the coast of

108 De Clercq / Degryse (2008), p. 455–57.

109 De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 49.

110 De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 49; Mees (2011).

111 For the northern part of the study area see: De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 46–49.

112 De Clercq / van Dierendonck (2009), p. 51–52; De Clercq (2009), p. 471–478.

113 CIL XI, 390 and 391.

114 CIL XIII, 8725.

115 Mart. XIII, 54; Edict. Dioclet. XIX, 44.

116 Edict. Dioclet. XIX, 44; Not. Dig. Occ. XI, 47.

Germania Inferior starting in 150 CE. Furthermore, several barges found along the Rhine limes show a strong link with the Scheldt basin.

In northern Gaul, both the settlement pattern and the amount of transported goods reach a peak between the end of the first and early third century. Yet, towards the end of the third century, the number of sites declines and an increased military presence is noted. The amount of transported goods also decreases, but (long-distance) transport still occurs as the network remains in use and the first riverine port, *Turnacum*, is promoted to *caput civitatum*.

Cost distance analysis has revealed that rivers are essential for lowering transport cost, but accessibility depends on a connection to the road network. Rivers in the Scheldt basin, therefore, constituted cost-effective (seasonal) south-north corridors, which complimented a road network geared towards connecting the western coastal areas to the eastern Rhineland. The existence of a dense road network, navigable rivers, and several maritime connections, resulted in a high degree of connectivity in the Scheldt basin, with slight differences between the northern and southern part. During the late Roman period, the north-western part of the study area is subject to flooding, resulting in a more divergent connectivity pattern, due to the loss of both water- and land routes.

Abbreviations

- AE: Année Epigraphique
- CIL: Corpus Inscriptionum Latinarum
- ILA: Inscriptions latines d'Aquitaine
- RIB: Roman Inscriptions of Britain

References

- Aarts et al. (2012): A.C. Aarts (ed.) / F. Dallmeijer / J.-M.A.W Morel / L. Dielemans / M. van Dinter / C. van Driel-Murray / G. Gazenbeek / N. Kerkhoven / L. Korthorst / L.I. Kooistra / W.J. Kujper / S. Lang / Y. Meijer / R.A. Niemeijer, Scherven, schepen en schoeiingen. LR62: Archeologisch onderzoek in een fossiele rivierbedding bij het castellum van de Meern, Basisrapportage archeologie Gemeente Utrecht 43, Utrecht 2012.
- Adams (2007): C. E. P. Adams, Land Transport in Roman Egypt: A Study of Economics and Administration in a Roman Province, Oxford 2007.
- Antrop / Leroy (2001): M. Antrop / P. Leroy, “L’Escaut: Domestiqué, sinistré, restitué”, *Septentrion*, p. 51–70.
- Bérard (1999): F. Bérard, “L’ Organisation municipale de la colonie de Lyon” in: M. Dondin-Payre / M.-T. Raepsaet Charlier (eds.), *Cités, municipes, colonies: Les processus de municipalisation en Gaule et en Germanie sous le Haut Empire romain*, Paris 1999, p. 97–126.
- Bogaers (1971): J. E. Bogaers, “Germania Inferior, Gallia Belgica en de civitates van de Frisiavones en de Tungri”, *Oudheidkundige Mededelingen uit het Rijksmuseum van Oudheden te Leiden* 52, p. 86–92.
- Brughmans (2010): T. Brughmans, “Connecting the Dots: Towards Archaeological Network Analysis”, in: *Oxford Journal of Archaeology* 29 (3), p. 277–303.
- Brulet (2008): R. Brulet, *Les Romains en Wallonie*, Bruxelles 2008.
- Carreras / de Soto (2010): C. Carreras / P. de Soto, *Historia de la movilidad en la Península Ibérica : Redes de transporte en SIG*, Barcelona 2010.
- Carreras / de Soto (2013): C. Carreras / P. de Soto, “The Roman Transport Network: A Precedent for the Integration of the European Mobility”, in: *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History* 46 (3), p. 117–133.
- Carreras et al. (2019): C. Carreras / P. de Soto / A. Muñoz, “Land Transport in Mountainous Regions in the Roman Empire: Network Analysis in the Case of the Alps and Pyrenees”, in: *Journal of Archaeological Science: Reports* 25, p. 280–93.

- Carreras / Morais (2012): C. Carreras / R. Morais, “The Atlantic Roman Trade during the Principate: New Evidence from the Western Façade”, *Oxford Journal of Archaeology* 31 (4), p. 419–41.
- Coquelet (2011): C. Coquelet, *Les capitales de cité des provinces de Belgique et de Germanie: Étude urbanistique*, Louvain-La-Neuve 2011.
- De Boe (1978): G. de Boe, “Roman Boats from a Small River Harbour at Pommeroeul, Belgium”, in: J. du Plat Taylor / H. Cleere (eds.), *Roman Shipping and Trade: Britain and the Rhine Provinces*, Hertford 1978, p. 22–30.
- De Boe (1980): G. de Boe, “De schepen van Pommeroeul en de Romeinse binnenvaart”, in: *Hermeneus* 2 (52), p. 140–46.
- De Bruin (2012): J. de Bruin, “Connectivity in the South-Western part of the Netherlands during the Roman Period (AD 0–350)”, in: *Analecta Praehistorica Leidensia* 43/44, p. 145–47.
- De Clercq (2009): W. De Clercq, *Lokale gemeenschappen in het Imperium Romanum: transformaties in rurale bewoningsstructuur en materiële cultuur in de landschappen van het noordelijk deel van de civitas Menapiorum (provincie Gallia-Belgica, ca. 100 v. Chr. – 400 n. Chr.)*, Diss. Doct. Archaeology, Ghent University 2009.
- De Clercq / Degryse (2008): W. De Clercq / P. Degryse, “The Mineralogy and Petrography of Low Lands Ware 1 (Roman Lower Rhine–Meuse–Scheldt Basin; the Netherlands, Belgium, Germany)”, in: *Journal of Archaeological Science* 35 (2), p. 448–58.
- De Clercq / van Dierendonck (2009): W. De Clercq / R. van Dierendonck, “Extrema Galliarum. Noordwest-Vlaanderen en Zeeland in het Imperium Romanum”, *Tijdschrift van het Verbond boor Oudheidkundig Bodemonderzoek in Oost-Vlaanderen v.z.w* 64, p. 34–75.
- De Groot / Morel (2007): T. de Groot / J.-M. A. W. Morel, *Het schip uit de Romeinse tijd De Meern 4 nabij boerderij de Balijs, Leidsche Rijn, gemeente Utrecht: Waardstellend onderzoek naar de kwaliteit van het schip en het conserverend vermogen van het bodemmilieu*, Rapportage Archeologische Monumentenzorg 147, Amersfoort 2007.
- De Soto (2010a): P. de Soto, “Anàlisi de la xarxa de comunicacions i del transport a la Catalunya romana: Estudis de distribució i mobilitat”, Diss. Doct. Archaeology, Autonomous University of Barcelona 2010.
- De Soto (2010b): P. de Soto, “Transportation Costs in NW Hispania”, in: R. Morais / C. Carreras (eds.), *The Western Roman Atlantic Façade: A Study of Economy and Trade in the Mar Exterior. From the Republic to the Principate*, BAR international series 2162, Oxford 2010, p. 31–46.
- De Soto (2019): P. de Soto, “Network Analysis to model and analyse Roman Transport and Mobility”, in: P. Verhagen / J. Joyce / M. R. Groenhuijzen (eds.), *Finding the Limits of the Limes: Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire*, s.l., p. 271–289.
- De Soto / Carreras (2014): P. de Soto / C. Carreras, “GIS and Network Analysis Applied to the Study of Transport in the Roman Hispania”, in: J. M. Álvarez Martínez, T. Nogales Basarrate, and I. Roda de Llanza (eds.), *Proceedings XVIIIth International Congress of Classical Archaeology* 1, Mérida 2014, p. 733–738.

- Dallmeijer / Morel (2012): F. Dallmeijer / J.-M.A.W. Morel, “Het punterachtige vaartuig De Meern 6 en een losse legger van een aak-achtig vaartuig, De Meern 7”, in: C. A. Aarts, (ed.), Scherven, schepen en schoeiingen. LR62: Archeologisch onderzoek in een fossiele rivierbedding bij het castellum van De Meern, Basisrapportage Archeologie 43, Utrecht 2012, p. 217–249.
- Delmaire (2004): R. Delmaire, “Permanences et changements des chefs-lieux de cités au Bas-Empire : L’exemple du nord-ouest de la Gaule Belgique”, in: Supplément à la Revue archéologique du centre de la France 25 (1), p. 39–50.
- Delmaire (2011): R. Delmaire (ed.), Le Nord, Bavay, Carte archéologique de la Gaule 59 (2), Paris 2011.
- Dhaeze (2009): W. Dhaeze, “The Military Occupation along the Coasts of Gallia Belgica and Germania Inferior, from ca. AD 170 to 275”, in: Á. Morillo Cerdán / N. Hanel / E. Martin (eds.), Limes XX : XX Congreso internacional de estudios sobre la frontera romana = XXth International Congress of Roman Frontier Studies, León, España, septiembre, anejos de gladius 13, León 2009, p. 1231–1243.
- Dhaeze (2011): W. Dhaeze, De Romeinse kustverdediging langs de Noordzee en het Kanaal van 120 tot 410 n. Chr.: Een onderzoek naar de rol van de militaire sites in de kustverdediging en drie casestudies over de militaire versterkingen van Maldegem-Vake, Aardenburg en Boulogne-sur-Mer, Diss. Doct. Archaeology, Ghent University 2011.
- Dondin-Payre (1999): M. Dondin-Payre, “Magistratures et administration municipale dans les Trois gaules”, in: M. Dondin-Payre / M.-T. Raepsaet-Charlier (eds.), Cités, municipales, colonies: Les processus de municipalisation en Gaule et en Germanie sous le haut empire Romain, Histoire Ancienne et Médiévale 53, Paris 1999, p. 127–230.
- Flannery (1967): K. Flannery, “Culture History v. Cultural Process: A Debate in American Archaeology”, in: Scientific American 217 (2), p. 119–22.
- France (2004): J. France, “Les monuments funéraires et le « capitalisme » des élites Trévires” in: J. Andreau / J. France / S. Pittia (eds.), Mentalités et choix économiques des Romains, Scripta Antiqua 7, Bordeaux 2004, p. 149–178.
- Franconi / Green (2019): T. Franconi / C. Green, “Broad and Coarse: Modelling Demography, Subsistence and Transportation in Roman England”, in: P. Verhagen / J. Joyce / M. R. Groenhuijzen (eds.), Finding the Limits of the Limes: Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire, p. 61–75.
- Franconi (2014): T. Franconi, The Economic Development of The Rhine River Basin in the Roman Period (30 BC–AD 406), Diss. Doct. Archaeology, Oxford University 2014.
- Gelaude (2018): F. Gelaude, De vroege hydrografie van de stad Gent: Een geomorfologisch en historisch onderzoek van menselijke ingrepen in de waterhuishouding van het middeleeuwse Gent: Diss. Doct. Conservation of Heritage and Monuments, University of Antwerp 2018.
- Haalebos et al. (1996): J. K. Haalebos / C. Van Driel-Murray / M. Neyses, “Ein Römisches getreideschiff in Woerden (NL)”, in: Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums 43 (2), p. 475–509.
- Hassall (1978): M. Hassall, “Britain and the Rhine Provinces: Epigraphic Evidence for Roman Trade”, in: J. du Plat Taylor / H. Cleere (eds.), Roman Shipping and Trade: Britain and the Rhine Provinces, Council for British Archaeology Research Reports 24, London 1978, p. 41–48.

- Hazenberg / van der Heijden (2016): T. Hazenberg / P. van der Heijden, *Varen op de Romeinse Rijn: De schepen van Zwammerdam en de limes*, Moordrecht 2016.
- Herzog (2013): I. Herzog, “Calculating Accessibility”, in: G. Earl / A. Chrysanthi / P. Murieta-Flores / C. Papadopoulos / I. Romanowska / D. Wheatley (eds.), *Archaeology in the Digital Era. Papers from the 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*, Southampton, 26–29 March 2012, Amsterdam 2013, p. 720–734.
- Hondius-Crone (1955): A. Hondius-Crone, *The Temple of Nehalennia at Domburg*, Amsterdam 1955.
- Horden / Purcell (2000): P. Horden / N. Purcell, *The Corrupting Sea: A Study of Mediterranean History*, Oxford 2000.
- Howgego (2009): C. Howgego, “Some Numismatic Approaches to Quantifying the Roman Economy”, in: A. Bowman / A. Wilson (eds.), *Quantifying the Roman Economy: Methods and Problems*, Oxford 2009, p. 287–295.
- Jansma (2007): E. Jansma, “Datering, herkomst en bouwvolgorde van De Meern 4”, in: T. de Groot / J.-M.A.W. Morel (eds.), *Het schip uit de Romeinse tijd De Meern 4 nabij boerderij de Balijs, Leidsche Rijn, gemeente Utrecht, Rapporten Archeologische Monumentenzorg 147*, Utrecht 2007, p. 69–78.
- Jansma et al. (2014): E. Jansma / K. Haneca / M. Kosian, “A Dendrochronological Reassessment of three Roman Boats from Utrecht (the Netherlands): Evidence of Inland Navigation between the Lower-Scheldt Region in Gallia Belgica and the Limes of Germania Inferior”, in: *Journal Of Archaeological Science* 50, p. 484–96.
- Jansma / Morel (2007): E. Jansma / J.-M. A. W. Morel, *Een Romeinse rijnaak, gevonden in Utrecht-De Meern: Resultaten van het onderzoek naar de platbodem “De Meern 1”*, Rapportage archeologische monumentenzorg 144, Amersfoort 2007.
- Jansma et al. (2017): E. Jansma / R. van Lanen / H. J. Pierik, “Travelling through a River Delta: A Landscape-Archaeological Reconstruction of River Development and Long-Distance Connections in the Netherlands during the First Millennium AD”, in: *Medieval Settlement Research* 32, p. 35–39.
- Krier (1981): J. Krier, *Die Treverer ausserhalb ihrer Civitas. Mobilität und Aufstieg*, *Trierer Zeitschrift für Geschichte und Kunst des Trierer Landes und seiner Nachbargebiete*. Beiheft 5, Trier 1981.
- Laurence (1999): R. Laurence, *The Roads of Roman Italy: Mobility and Cultural Change*. London 1999.
- Laurence (2005): R. Laurence, “Land Transport in Roman Italy: Costs, Practice and the Economy” in: H. M. Parkins / C. J. Smith (eds.), *Trade, Traders and the Ancient City*. London 2005, p. 129–148.
- Mangartz (2007): F. Mangartz, “Een ‘logboek’ voor De Meern 1: Beschrijving en determinatie van de herkomst van het natuursteen.” in: E. Jansma / J.-M. A. W. Morel (eds.), *Een Romeinse rijnaak, gevonden in Utrecht-De Meern: Resultaten van het onderzoek naar de platbodem “De Meern 1”*, Rapportage archeologische monumentenzorg 144, Amersfoort 2007, p. 246–256.
- Mees (2011): A. W. Mees, *Die Verbreitung von Terra Sigillata aus den Manufakturen von Arezzo, Pisa, Lyon und La Graufesenque : Die Transformation der Italischen Sigillata-Herstellung in Gallien*, *Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums* 93, Mainz 2011.

- Meire et al. (2015): P. Meire / D. Amery / M. Decler / De Schelde, Van bron tot monding, Brussel 2015.
- Morillo et al. (2016): Á. Morillo, C. Fernández Ochoa, and J. Salido Domínguez, “Hispania and the Atlantic Route in Roman Times: New Approaches to Ports and Trade”, in: *Oxford Journal of Archaeology* 35 (3), p. 267–84.
- Morris (2010): F. M. Morris, *North Sea and Channel Connectivity during the Late Iron Age and Roman Period: (175/150 BC–AD 409)*, Oxford 2010.
- Schäfer (2016): C. Schäfer, “Oil for Germany. Some Thoughts on Roman Long-Distance Trade”, in: C. Schäfer (ed.), *Connecting the Ancient World. Mediterranean Shipping, Maritime Networks and their Impact*, *Pharos – Studien zur griechisch-römischen Antike* 38, Rahden 2016, p. 211–248.
- Pals / Hakbijl (1992): J. P. Pals / T. Hakbijl, “Weed and Insect Infestation of a Grain Cargo in a Ship at the Roman Fort of Laurium in Woerden (Province of Zuid-Holland)”, in: *Review of Palaeobotany and Palynology* 73 (1), p. 287–300.
- Picavet et al. (2018): P. Picavet / S. Reniere / V. Cnudde / W. De Clercq / R. Dreesen / G. Fronteau / E. Goemaere / E. Hartoch, “The Macquenoise Sandstone (Devonian – Lochkovian), a Suitable Raw Material for Ancient Querns and Millstones: Quarries, Properties, Manufacture and Distribution in France and Belgium”, in: *Geologica Belgica* 21, (1/2), p. 27–40.
- Reniere (2018): S. Reniere, “Sourcing the Stone in Roman Northern Gaul: On the Provenance, Use, and Socio-Economics of Stone Tools in a Stoneless Landscape: The Case of the Northern Civitas Menapiorum”, *Diss. Doct. Archaeology*, Ghent University 2018.
- Reniere et al. (2016): S. Reniere / R. Dreesen, G. Fronteau / T. Gluhak / E. Goemaere / E. Hartoch / P. Picavet / W. De Clercq, “Querns and Mills during Roman Times at the Northern Frontier of the Roman Empire (Belgium, Northern France, Southern Netherlands, Western Germany): Unravelling Geological and Geographical Provenances, a Multidisciplinary Research Project”, in: *Journal of Lithic Studies* 3 (3), p. 403–28.
- Russell (2013): B. Russell, *The Economics of Roman Stone Trade*, Oxford 2013.
- Schlippschuh (1987): O. Schlippschuh, *Die Händler im Römischen Kaiserreich in Gallien, Germanien und den Donauprovinzen Rätien, Noricum und Pannonien*. Amsterdam 1987.
- Schmidts (2011): T. Schmidts, *Akteure und Organisation der Handelsschifffahrt in den Nordwestlichen Provinzen des Römischen Reiches*, *Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums* 97, Mainz 2011.
- Sevrin (1990): R. Sevrin, “Schelde en de Scarpe”, in: G. Asaert, R. Berger, and J.-M. Duvosquel (eds.), *Valleien van Schelde en Scarpe*, *Albums de Croÿ* 25, Brussel, p. 17–52.
- Stuart (2013): P. Stuart, *Nehalennia van Domburg: Geschiedenis van de stenen monumenten*, Utrecht 2013.
- Stuart / Bogaers (2001): P. Stuart / J. E. Bogaers, *Nehalennia: Römische Steindenkmäler aus der Oosterschelde bei Colijnsplaat*, Leiden 2001.

- Suttor (2011): M. Suttor, “La navigation sur l’Escaut, des origines au XVIIe siècle”, in: *Revue du Nord* 3 (391–392), p. 851–67.
- Thiébaux (2011): A. Thiébaux, “Les embarcations gallo-romaines trouvées à Pommerœul: révision de leur datation dendrochronologique”, in: *Revue du Nord* 5 (393), p. 227–32.
- Trimpe Burger (1997): J. A. Trimpe Burger, *De Romeinen in Zeeland: onder de hoede van Nehalennia*, Middelburg 1997.
- Van Houtte (2007): S. Vanhoutte, “Het Romeinse castellum van Oudenburg (Prov. West-Vlaanderen) herontdekt: de archeologische campagne van augustus 2001 tot april 2005 ter hoogte van de zuid-westhoek. Interim-rapport”, in: *Relicta. Archeologie, Monumenten- rne Landschapszorg in Vlaanderen* 3, p. 199–235.
- Verboven (2018): K. Verboven, “Handelaarsgemeenschappen in de Romeinse wereld: Netwerken, cultusgenootschappen of gilden?”, in: *Tijdschrift voor Geschiedenis* 131 (2), p. 207–35.
- Verboven / De Clercq (2017): K. Verboven / W. De Clercq, “L’ensemble monétaire (Gallo-) Romain de Merendree Molenkouter (Fl. Or., Belgique)”, in: *Revue Belge de Numismatique et de Sigillographie* 163, p. 87–141.
- Verbrugghe et al. (2017): G. Verbrugghe / W. De Clercq / V. Van Eetvelde, “Routes across the Civitas Menapiorum: Using Least Cost Paths and GIS to locate the Roman Roads of Sandy Flanders”, in: *Journal of Historical Geography* 57, p. 76–88.
- Verhagen et al. (2019): P. Verhagen / M. R. Groenhuijzen / J. Joyce (eds.), *Finding the Limits of the Limes: Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire*, s.l.
- Vos (2015): P. Vos, *Origin of the Dutch Coastal Landscape: Long-Term Landscape Evolution of the Netherlands during the Holocene, described and visualized in National, Regional and Local Palaeogeographical Map Series*, Groningen 2015.
- Vos / Heeringen (1997): P. Vos / R. M. van Heeringen, „Holocene Geology and Occupation History of the Province of Zeeland (SW Netherlands)“, in: M. M. Fischer (ed.), *Holocene Evolution of Zeeland (SW Netherlands)*, Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO 59, p. 5–110.
- Wightman (1985): E. M. Wightman, *Gallia Belgica*, London 1985.

Author contact information¹¹⁷

Drs. Toon Bongers

Ghent University, Department of History
Roman Society Research Centre
Sint-Pietersnieuwstraat 35
9000 Gent (Belgium)

Email: toon.bongers@ugent.be

¹¹⁷ The rights pertaining to content, text, graphics, and images, unless otherwise noted, are reserved by the author. This contribution is licensed under CC BY 4.0.

Donauschifffahrt im Ingolstädter Becken in römischer Zeit – von der Rekonstruktion bis zur Reisezeit

Uwe Arauner

Abstract: The paper deals with the reconstruction of a water-dominated river landscape in the Ingolstadt basin in Roman times and the question of how to simulate travel times at that time. For this purpose, performance data of reconstructed Roman military ships were combined with the conditions of an ancient river system with the aim of obtaining realistically quantifiable forecasts for Roman inland navigation.

Einleitung

Das Flusssystem der Donau bildete in der römischen Kaiserzeit eine zentrale Lebensader der Infrastruktur der Nordwest-Provinzen und hatte eine immense Bedeutung für die Grenzsicherung sowie als Verkehrs- und Transportweg. Die Versorgung von Truppen als auch der zivilen Bevölkerung wurde, wann immer möglich, aus Kosten- und Zeitgründen über den Fluss durchgeführt. Heute kennen wir bis auf vereinzelte Restbestände von Donauauen und isolierten Altwasserarmen weder den genauen Verlauf der Donau noch die Verhältnisse, mit denen die Binnenschifffahrt in römischer Zeit zu kämpfen hatte.

Der Beitrag beschäftigt sich, aufbauend auf der Rekonstruktion des antiken Flusssystems im Ingolstädter Becken, mit der Berechnung von Reisezeiten damaliger Militärschiffe. In einer Modellsimulation werden experimentell ermittelte Leistungsdaten der Schiffsnachbauten mit wirklichkeitsnahen Attributen des antiken Flusslaufs verknüpft, mit dem Ziel, realitätsnahe und quantifizierbare Reisezeiten für eine römerzeitliche Flussschifffahrt zu gewinnen. Für die Historiker eröffnen sich hiermit Einblicke in Fahrzeiten, Transportgeschwindigkeiten und Leistungsfähigkeit der römischen Schifffahrt auf der Donau.

Rekonstruktion des antiken Donauverlaufs

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über das Ingolstädter Becken von der Weltenburger Enge im Osten (Flkm 2419) bis zur Neuburger Enge bei Stepperg (Flkm 2486) im Westen (Abb. 1).

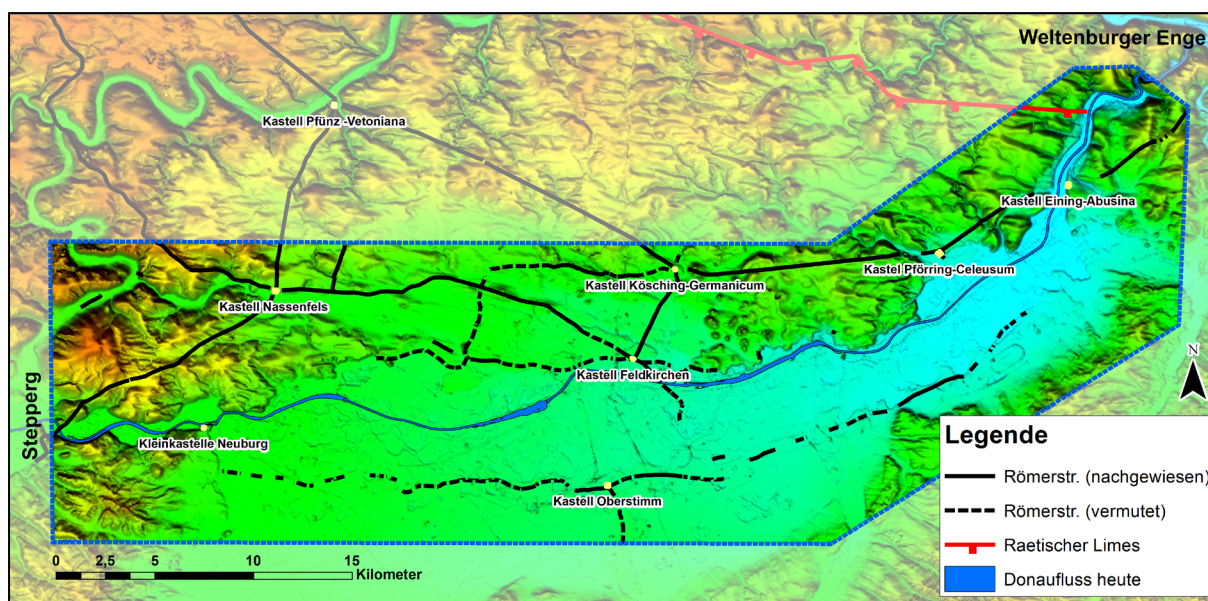


Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit Kastellen der Römischen Kaiserzeit und archäologisch nachgewiesenen sowie vermuteten Römerstraßen aus dem Bayerischen Denkmal-Atlas, Basisdaten: Geländemodell DGM2 und DGM5 Stadt Ingolstadt, DGM30 SRTM-GDEM ©NASA 2009. (Verf.).

Die heutige Flusslaufänge beträgt 67 km, wobei die Flussebene in einem Höhenbereich von 342 bis 385 müNN verläuft. Das Ingolstädter Becken wird im Norden von den Juraausläufern und im Süden vom tertiären Hügelland begrenzt. Der flussaktive Bereich weist eine Abflussbreite von 2–5,5 km auf und reduziert sich in den Weltenburger und Neuburger Engtälern auf eine Breite von 0,4–1,2 km. Im Osten befindet sich der Übergang von der natürlichen römischen Reichsgrenze (Donau) zum Limes. Im Zentrum des Untersuchungsgebietes, rund 5 km südlich des heutigen Donauverlaufs liegt das römische Kastell Oberstimm (1. Jh. n. Chr.), welches für diesen Abschnitt der Donau die Funktion eines Versorgungslagers hatte. Das Kastell hatte die Aufgabe den Verkehr entlang der wichtigen Donau-Südstraße und den Übergang nach Norden zu kontrollieren. 1994 wurden nahe dem Kastell an der Mündung des Brautlachbaches, zwei sehr gut erhaltene frühkaiserzeitliche Patrouillenboote gefunden.

Methodik und Abgleichungsprozess

Einen antiken Donauverlauf zu rekonstruieren, erscheint angesichts der wechselvollen Flussgeschichte eines sich ständig veränderten Flusssystems zunächst fast unmöglich. Dessen ungeachtet wird im Folgenden der Versuch unternommen, durch die Rekonstruktion der antiken Wasserverhältnisse zumindest annähernd die Flusslandschaft vor rund 2000 Jahren zu erfassen. Die Methodik basiert auf dem Aufbau eines Differenzenmodells, in welchem die rekonstruierte Grund- und Hochwasserfläche mit Geländemodellen¹ räumlich verschnitten wird. Der Vorteil des Differenzenmodells – auch als Grundwasserflurabstandskarte² bekannt – liegt insbesondere in der Visualisierung durch eine farbliche Darstellung von Intervallflächen. Hierzu ordnet man den einzelnen Werteklassen eine assoziative Farbgebung von blau (oberflächennahes Grundwasser) bis hin zu braun (tiefer Grundwasserstand) zu. Im Ergebnis wird eine

- 1 Für den Großteil des Untersuchungsgebietes stand ein digitales Geländemodell mit einer Rasterweite von 2x2 m (DGM 2) und 5x5 m (DGM5) zur Verfügung. Das Modellgebiet wurde östlich und westlich mit den SRTM-Daten (Shuttle Radar Topography Mission) der NASA mit einer Rasterweite von 30x30 m ergänzt.
- 2 Der Grundwasserflurabstand wird als lotrechter Höhenunterschied zwischen dem Gelände und der Grundwasseroberfläche des oberen Grundwasserstockwerkes definiert.

von Wasser geprägte Morphologie sichtbar, welche mit dem bloßen Auge heutzutage nicht mehr wahrnehmbar ist. Die Durchführung einer antiken Grundwassermodellierung ist letztendlich ein interaktiver Abgleichungsprozess ("check and balance") von hydrogeologischen und archäologischen Daten innerhalb eines geografischen Informationssystems (GIS).³

Der Abgleich wird ergänzt durch eine Reihe von weiteren Datensätzen wie Grundwassermächtigkeit, Auelehmsüberdeckung oder den Bohrergebnissen aus dem Boden- und Grundwasserarchiv⁴ (Abb. 2). Auf einen Teil der wichtigsten Datensätze und Fachinformationen wird nachfolgend kurz eingegangen.

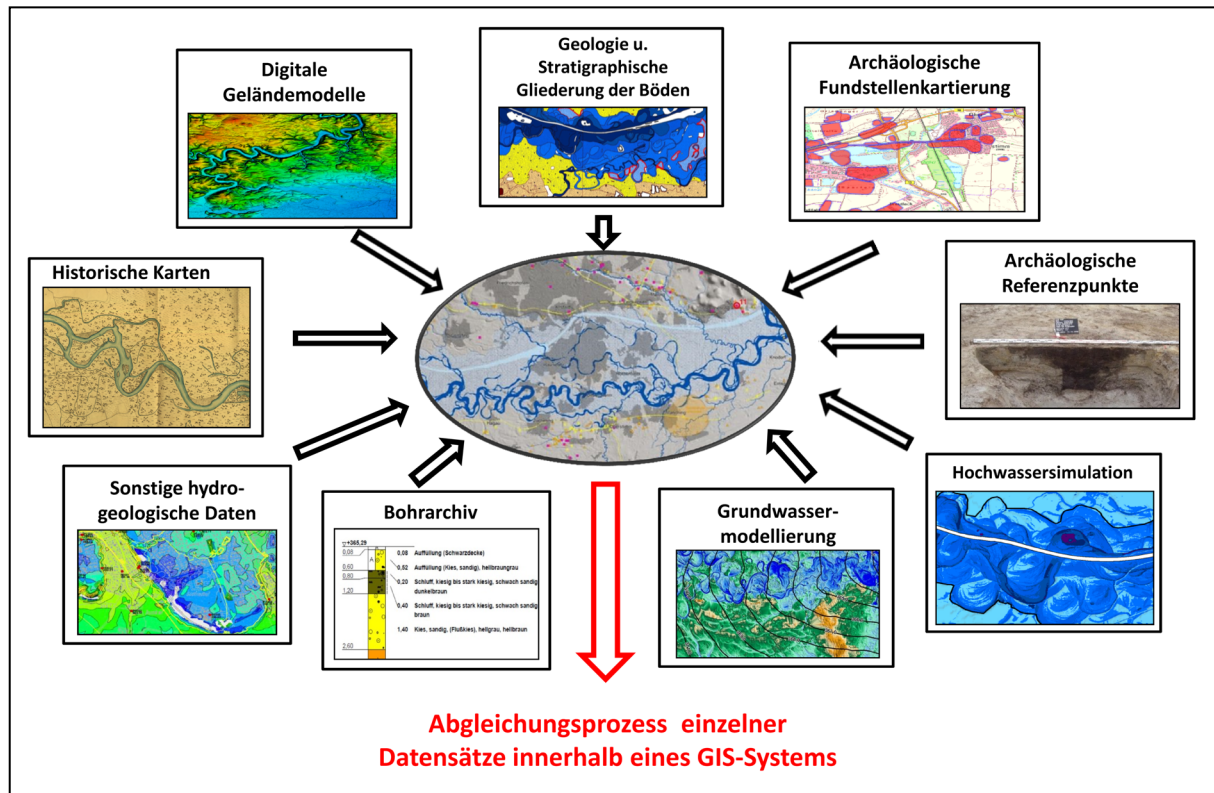


Abb. 2: Bausteine zur Rekonstruktion der Gewässer- und Topographieverhältnisse (Verf.).

Donauverlauf vor 200 Jahren

Einen ersten Eindruck des natürlichen Flussverlaufs vermitteln historische Karten wie die Bayerische Katasteraufnahme⁵ oder die Schmitt'sche Karte von Südwestdeutschland⁶ aus dem Jahr 1797. Die Urkatasterblätter im Maßstab 1:5000 aus den Jahren 1813–1817 zeigen noch am deutlichsten den anthropogen weitestgehend unbeeinflussten Donauverlauf mit seinen charakteristischen verzweigten bis mäandrierenden Hauptarmen mit einer Flussbreite von 110–180 m (Abb. 3).

3 Vgl. Gerlach (2006), S. 87–98.

4 Grundwassermanagement Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR, Datenbasis: 4500 Bohrprofile, 1.4 Mio. gemessene Grundwasserstände an 1150 Messstellen über den Zeitraum von 1960–2020.

5 Digitalisiert abrufbar unter: <https://www.bayerische-landesbibliothek-online.de/ortsblaetter> (zuletzt abgerufen 24-04-2020).

6 Schmitt (1797).

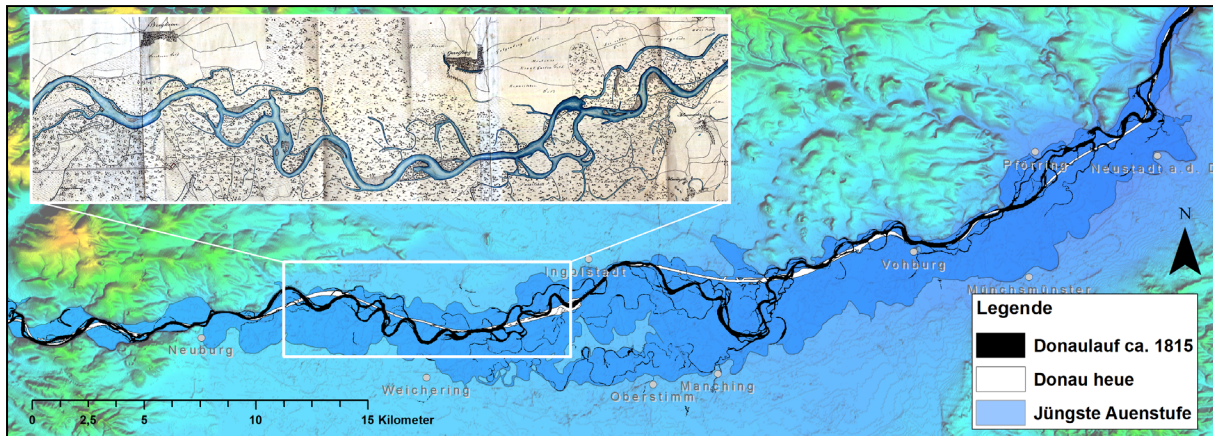


Abb. 3: Flussmorphologischer Zustand im Ingolstädter Becken zwischen Weltenburger Enge und Stepperg vor der Regulierung im Jahre 1815. Charakteristisch ist ein noch weitgehend natürlicher verzweigter Donauverlauf mit einem dominanten Hauptarm und vereinzelt Nebenbächen sowie zahlreichen Inseln und Kiesbänken (Verf.).

Um eine Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen herbeizuführen, erfolgten bereits Anfang des 19. Jh. größere flussbauliche Maßnahmen durch eine Mittelwasserkorrektur mit Laufbegradigung. Durch die Korrekturmaßnahmen hat sich allein die Länge des Abschnittes im Ingolstädter Becken um 18 % auf ca. 66 km verringert (Abb. 8). Um dem erhöhten Gefälle und der einsetzenden Tiefenerosion sowie dem gestiegenen Energiebedarf zu begegnen, wurde mit dem Bau der vier Staustufen in den Jahren 1968 bis 1992 das Ende des natürlichen Flussverlaufs besiegelt. Die historischen Karten können somit nur das morphologische Erscheinungsbild des jüngsten und niedrigsten Talniveaus wiedergeben, zu gravierend hat sich das instabile Flusssystem in den zurückliegenden Jahrhunderten verändert.

Die jungholozäne Auenterrasse

In den letzten 10.000 Jahren im erdgeschichtlichen Zeitalter des Holozäns prägte das fluviale System mit einer Vielfalt an Terrassen, Flussschlingen und Altarmen das Landschaftsbild im Ingolstädter Becken.

In der ersten Hälfte des Subatlantikums vor ca. 2.400 Jahren erreichte die fluviale Aktivität im Donautal einen ihrer Höhepunkte. Die Tendenz zur Verlagerung des Flusses war hier am größten, wobei diese durch den wachsenden anthropogenen Einfluss noch verstärkt wurde: Die Materialumlagerung erfasste nach und nach den gesamten Mäandergürtel. In poströmischer Zeit nahm die Tendenz zur Umlagerung von Flusssedimenten wieder ab, die Mäandrierung wurde geringer. Die Donau tendierte zur Ausbildung eines breiteren, flacheren Flussbettes.⁷

In dieser Zeit entstand die jungholozäne Talaue, welche sich in sechs Terrassen unterschiedlichen Alters untergliedern lässt. Ein Überblick über die Stratigraphie der jungholozänen Auenterrasse mit Flussgeschichte ist bei Peters⁸ zu finden. Die Flussterrassen, welche das Ergebnis eines mehrfachen Wechsels zwischen Erosion und Akkumulation sind, eignen sich besonders gut, um die Laufentwicklung eines großen Stromes nachzuzeichnen. Sie lassen sich anhand ihrer stratigraphischen Einordnung und ihres Höhenniveaus differenziert betrachten. Die obersten Terrassen sind demzufolge auch die ältesten und die unteren entsprechend jünger. Für die Rekonstruktion des Flussverlaufes sind die im Lauf von Eisen-

⁷ Jerz / Schmidt-Kale (1999), S. 39.

⁸ Peters / Jerz / Küster (2002).

zeit und Römerzeit entstandenen Auenterrassen am aufschlussreichsten, welche im Untersuchungsgebiet noch eine Fläche von annähernd 63 km² einnehmen (Abb. 4).

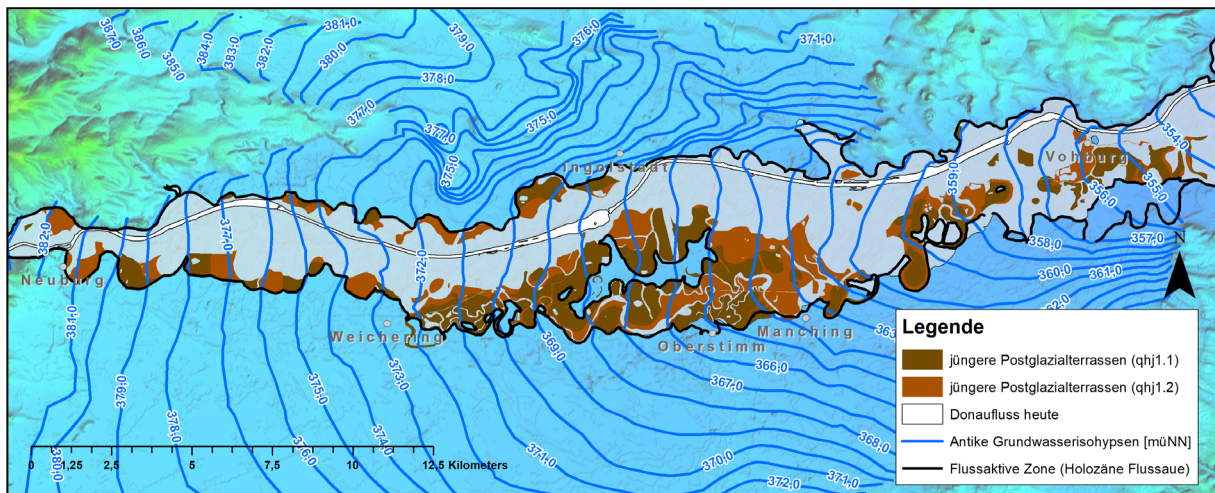


Abb. 4: Römerzeitliche Auenterrassen (Ausschnitt: Flkm 2440–2478) mit rekonstruierter Wasserspiegellage (Verf.).

Größere Teilflächen der jüngeren Postglazialterrassen (Stufe qh1₁ und qh1₂) prägen noch heute das Landschaftsbild südlich von Ingolstadt über einen rund 13 km langen Abschnitt zwischen den Ortschaften Weichering und Manching – auch Alte Donau genannt (Abb. 4). Ihre Erhaltung dürfte weitgehend der anthropogenen Donauverlegung⁹ im 14. Jh. zu verdanken sein, wo die Donau von ihrem alten Verlauf nach Norden an die werdende Stadt herangelegt wurde. Der morphologisch noch weitgehend erhaltene Abschnitt ermöglicht es, das Oberflächengefälle im Talraum für die antike Donau weitestgehend zu ermitteln.¹⁰

Hochwassersimulation – flussaktive Zone

Die Ermittlung der flussmorphologisch aktiven Zone und dessen potenzieller Überflutungsbereich, veranschaulichen die fluvialen Aktivitäten im Donautal und dessen laterale Abgrenzung. Die flussdynamisch aktive Zone, wurde hierbei nicht nach geomorphologischen Gesichtspunkten, sondern hydrologisch über ein außergewöhnliches Hochwasserereignis simuliert. Da für eine Hochwassersimulation die Scheitelabflüsse der ehemaligen Hochwässer kaum mehr über die Topographie der Flussauen zu berechnen sind (Wasserstand-Abfluss-Beziehung), müssen die Wasserspiegellagen aus historischen Hochwassermarken oder entsprechenden Referenzbezügen (Bodendenkmäler, Terrassenmorphologie) ermittelt werden. Auf deren Basis wurde für das Untersuchungsgebiet ein extremes Hochwasserszenario simuliert, wie es sich im 18. Jh. und in früheren Zeiten immer wieder ereignet hat (Abb. 5).

⁹ 1374 verfügten die bayerischen Herzöge Friedrich und Stephan III., dass der nördliche Hauptarm von allen Wasserfahrzeugen zu benutzen sei, die auf der Donau an Ingolstadt vorbeifuhren. Vgl.: Hofmann (2000), S. 192ff.

¹⁰ Vgl. Abschnitt: Gefälle- und Fließgeschwindigkeit der antiken Donau.

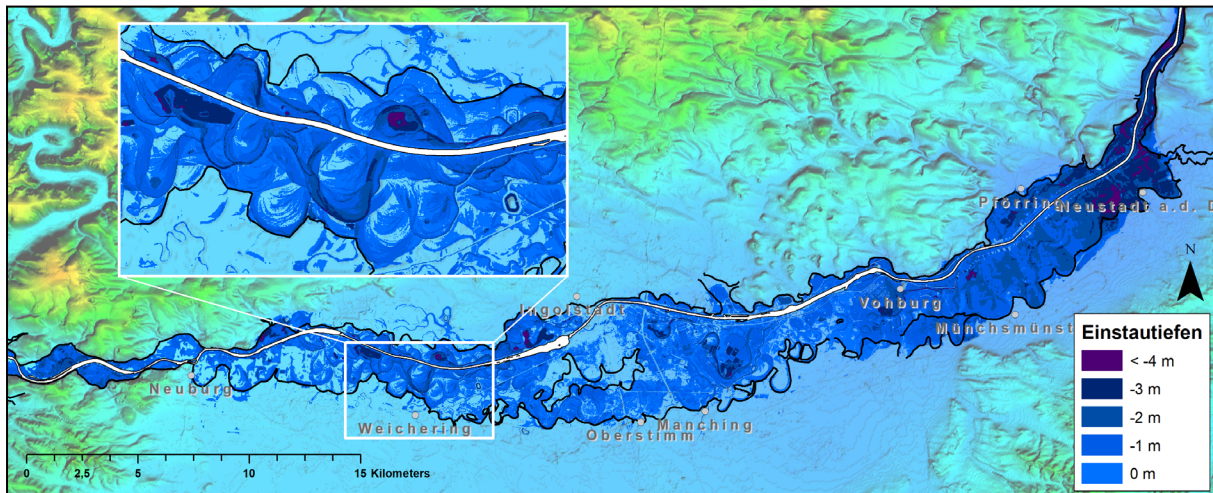


Abb. 5: Berechnete Überflutungsflächen der Donau für ein historisches Hochwasserereignis aus dem Jahre 1784 mit Abgrenzung (schwarze Linie) der flussmorphologischen aktive Zone. (Verf.).

Im historischen Szenario erstreckte sich die Flussaktivität innerhalb des Talniveaus mit Einstautiefen von 0,5 bis 3 m nahezu über das gesamte Donautal. Die Hochwassersimulation gibt erste Hinweise auf die vom Fluss geformten jungholozänen Rinnenstrukturen. Innerhalb einer flussaktiven Breite von 3–5 km werden zugleich Paläomäander sichtbar, welche in ältere Auenterrassen hineinreichen. Ein überwiegender Teil wurde hierbei durch die morphodynamischen Prozesse unter den klimatischen Bedingungen der letzten 200–300 Jahre geprägt. Das Szenario stellt gleichzeitig ein ca. 1000-jähriges Extremhochwasserereignis dar, wie es sich als „Magdalenenflut“¹¹ im Sommer des Jahres 1342, höchstwahrscheinlich auch im Ingolstädter Donaauraum, ereignete.

Hydrogeologisches Modell und archäologischer Abgleichungsprozess

Wichtiger Bestandteil der Rekonstruktion war der Aufbau einer antiken, für die Römerzeit repräsentativen Wasser- bzw. Grundwasseroberfläche. Wesentlicher Bestandteil hierfür sind die Grundwasserstände und der Verlauf der Oberflächengewässer. Die aus Grundwassermessstellen der letzten Jahrzehnte dokumentierten Messreihen¹² können nur begrenzt für den Aufbau eines hydrogeologischen Modells in Betracht gezogen werden. Im ersten Arbeitsschritt wurde ein Modellaufbau zunächst durch die Wasserspiegellage aus der antiken Flusslängsneigung (Niveau römerzeitliche Auenterrasse) und den untergeordneten hydraulisch an den Donauverlauf angebundenen Nebengewässern ermöglicht. Die Grundwasserverhältnisse außerhalb der jungholozänen Auenterrassen basieren behelfsmäßig auf den Maximalwerten des gut dokumentierten, gegenwärtigen Ist-Zustands¹³. Sie dienten zunächst als Hilfsnetz, nachdem davon ausgegangen wird, dass sich die Grundwasserverhältnisse in den Randgebieten nicht grundlegend geändert haben. Eine deutliche Anpassung musste aber für die im Süden angrenzenden Niedermoorgebiete erfolgen, wo nach deren Kultivierung im ausgehenden 18. Jh. eine generelle Grundwasserabsenkung von bis zu 1,5 m zu berücksichtigen war. In einem weiteren Arbeitsschritt er-

¹¹ Vgl. Zbinden (2011), S. 193–203.

¹² Vgl. Fußnote 4.

¹³ Für einen ersten Modellaufbau im Bereich der Hoch- und Niederterrasse stellten behelfsweise die mittleren höchsten Grundwasserstände aus einer Stichtagsmessung v. März 1999 die Ausgangsbasis dar.

folgte eine Abstimmung mit den hydrogeologischen Randbedingungen wie Grundwasserhöhengleichen und Fließrichtungen.¹⁴

Ein adäquates hydrogeologisches Modell ist trotz einer Reihe von Basisdaten¹⁵ nur zu erzielen, wenn es gelingt, ausreichend Referenzpunkte für einen Abgleich der Grundwasseroberfläche einzubeziehen. Wertvolle Hinweise auf prähistorische oder antike Grundwasserverhältnisse ergeben sich aus archäologischen Brunnenbefunden und Besiedelungsplätzen. Die Modellanpassung erfolgte zunächst anhand von Grundwasserbrunnen aus der jüngeren vorrömischen Eisenzeit, welche vorwiegend auf dem äußeren Terrassenrand der Niederterrasse zur angrenzenden holozänen Donauaue vorzufinden sind (Abb. 6).

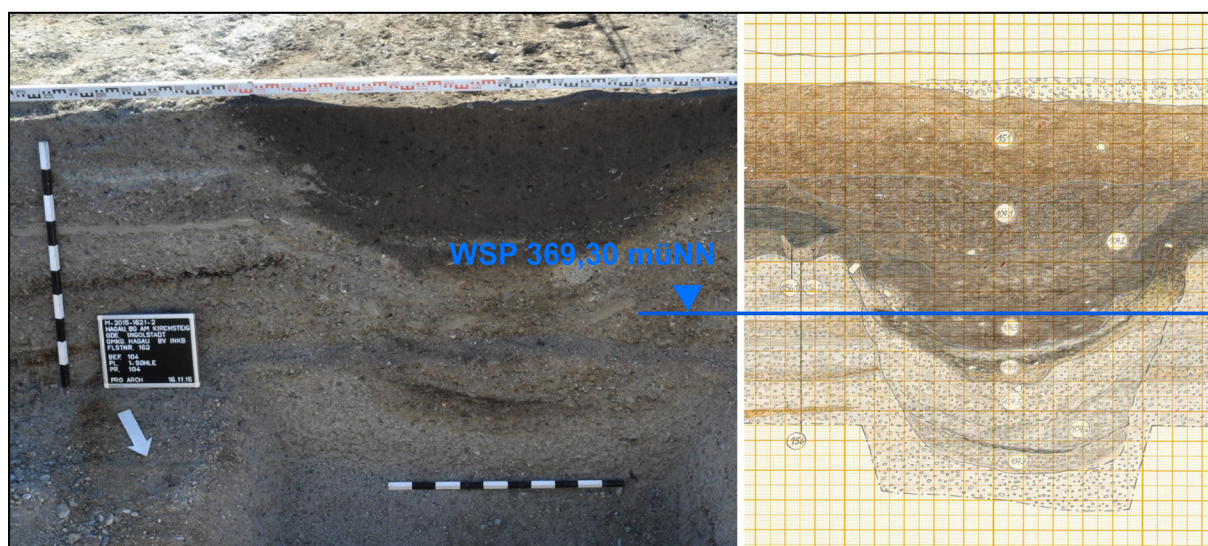


Abb. 6: Latènezeitlicher Brunnenschacht im BG Hagau / Am Kirchsteig (Befund Nr. 104) mit stratigraphischer Interpretation des Brunnens und fingiertem Grundwasserstand (Foto: Pro Arch, Ingolstadt).

Aufgrund des relativ geringen Schwankungsbereiches des Grundwassers, wie es sich aus vereinzelten archäologischen Befunden¹⁶ abzeichnet, kann der vergangene Grundwasserhorizont verlässlich fixiert werden.

Weitere wichtige Stützstellen im Abgleichungsprozess sind die zahlreich vorliegenden archäologischen Fundstellen im Donautal, wo sich das Besiedelungsgeschehen schon von jeher auf höher gelegene Terrassen und Höhenzüge ausrichtete. Die Informationen der Bodendenkmäler werden vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege als WMS-Layer¹⁷ zur Verfügung gestellt und lassen sich, in ein GIS eingebunden, mit anderen Layern überlagern. Dies ermöglicht es, das Differenzenmodell und die zugrunde liegende Wasseroberfläche mit den Fundstellen im GIS abzugleichen. Das heißt, dass beispielsweise bekannte römische Fundplätze, welche generell auf hoch- und grundwassersicheren Terrassen sowie auf erhöhtem Terrain angelegt wurden, im Modell zu hohe Wasserspiegel aufweisen und demzufolge eine Höhenanpassung im Modell erforderlich machen. Durch Vergleich mit den archäologischen Referenzpunkten kann das hydrogeologische Modell auf Plausibilität geprüft und gegebenenfalls weiter überarbeitet werden.

¹⁴ Siehe Abbildung 4.

¹⁵ Siehe Abbildung 2.

¹⁶ Näßl (2016), S. 20.

¹⁷ Der WMS-Layer des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege wird durch das Geoportal Bayern unter: <https://geoportal.bayern.de/geoportalbayern/> zur Verfügung gestellt. (zuletzt gesehen a. 24-04-2020).

Analyse der Modellergebnisse

Nach wiederholter Plausibilitätsprüfung und Neuberechnung des Differenzenmodells lassen sich die Modellergebnisse wie folgt interpretieren: Die generierte Karte (Abb. 7) gibt zunächst einen Überblick über die räumliche Verteilung der mit Hilfe des hydrogeologischen Modells berechneten Flurabstandsklassen¹⁸ in einem Bereich von -1 m bis 10 m. Alle Bereiche mit positivem Wert (bis dunkelbraun) liegen über dem Wasserspiegel, alle negativen sind überstaut (bis dunkelblau).

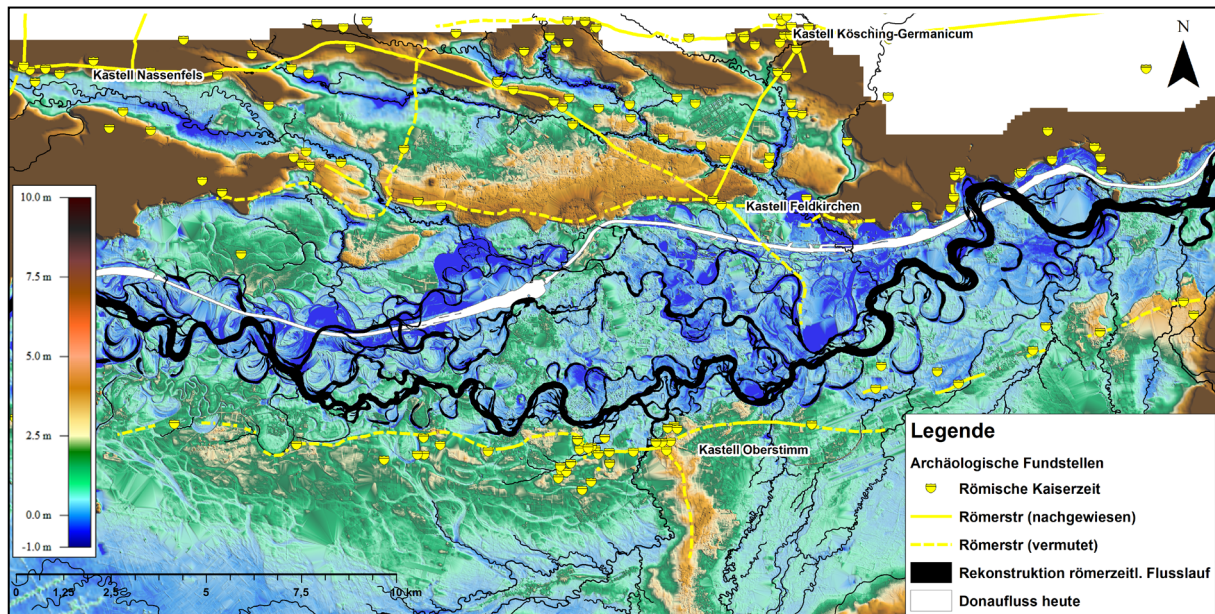


Abb. 7: Antikes Differenzenmodell (Grundwasserflurabstände) mit rekonstruiertem und vektorisiertem Gewässerverlauf (Ausschnitt: Flkm 2440–2474), Basisdaten Geländemodell: SRTM-GDEM ©NASA 2009 und Stadt Ingolstadt (Verf.).

Um dem Modell ein möglichst unbeeinflusstes Landschaftsbild zu geben, wurden alle künstlichen Geländeerhebungen oder Vertiefungen wie Straßen, Hochwasserschutzdeiche und Bahnlinien sowie Baggerseen aus dem Höhenmodell entfernt.¹⁹ Auf der Karte lassen sich die postglazialen Erosions- und Akkumulationsvorgänge der Donau an den zahlreichen, teils mäanderförmigen, teils verzweigten Flussarmen und Hochwasserrinnen in dunkelblauer Farbgebung (bis etwa < 0,5 m) ablesen. Die Gerinnesysteme lassen die Dynamik in einer frei fließenden Aue noch gut erahnen. Im Bereich des neuzeitlichen Flussverlaufs (dunkelblau) liegen die geringsten Flurabstände vor. Hier hat sich die Donau in den letzten Jahrhunderten durch die gesteigerte Erosionskraft zum Teil mehrere Meter in die Auenterrassen eingetieft (< -1 bis -2 m). Erhöhte Grundwasserflurabstände sind hingegen entlang der hochwassersicheren Niederterrasse im Süden mit > 2,5 m und entlang der Hochterrasse sowie der tertiären Höhenzüge mit > 4,0 m zu verzeichnen.

Die Rekonstruktion des römischen Flusslaufs in Abb. 7 beruht im Wesentlichen auf dem morphologischen Erscheinungsbild des sich abzeichnenden Rinnensystems unter Berücksichtigung der Auenstratigraphie. Wo sich die römischen Terrassen noch deutlich abzeichnen, lässt sich der Verlauf des Stroms mit Hilfe des Differenzenmodells noch verhältnismäßig gut rekonstruieren. Je größer jedoch der Niveauunterschied zu den angrenzenden jüngeren und tiefer liegenden Auenterrassen ist, umso unsiche-

¹⁸ Vgl.: Fußnote 2.

¹⁹ Die Überarbeitung des digitalen Geländemodells (DGM2) erfolgte über die Software Global Mapper v21.

rer wird eine Rekonstruktion. Wo die Auenterrassen durch jüngere Flussaktivitäten ausgeräumt wurden, ist eine verlässliche Rekonstruktion nicht durchführbar und bleibt der individuellen Interpretation überlassen.

Die abschließende Vektorisierung des Donauverlaufs zeigt, dass von einem überwiegend gewundenen, teils mäandrierenden Flusscharakter mit einzelnen Nebengerinnen auszugehen ist. Westlich und östlich des Untersuchungsgebietes, nimmt der Donaustrom aufgrund der morphologisch ausgebildeten Engtäler zwangsläufig einen überwiegend schwach gewundenen Verlauf ein. Die ermittelte ungefähre Flussbreite von durchschnittlich 200 m, sowie die teilweise engen Krümmungsradien von 200–400 m, dürften die Navigation sicherlich erschwert haben. Dies setzte etwa beim Segeln voraus, dass das von den Römern standardmäßig genutzte Rahsegel schnell auf den optimalen Windeinfallswinkel eingestellt werden konnte.

Der Mäandrierungsfaktor – das Maß der Intensität der Krümmung (Sinuosität) – welcher sich aus der Division der Flusslauflänge durch die Tallänge ergibt, wurde mit 1,40 ermittelt. Im Vergleich hierzu liegt die Sinuosität des historischen Donaulaufs aus der Zeit um 1817 bei 1,28.

Betrachtet man aus archäologischer Sicht die Verteilung der Flächen mit Bodendenkmälern, so erkennt man deutlich den breiten Auengürtel der Donau, der das Kartenbild als weitgehend befundfreier Streifen von Ost nach West durchschneidet. Es ist eine klare Ausrichtung der Flächen mit Bodendenkmälern auf die Gewässerläufe der Donau und ihrer Zuflüsse zu erkennen. Der Donauverlauf südlich von Ingolstadt orientiert sich zwischen der höher liegenden bronzezeitlichen Auenterrasse im Zentrum der Karte und der südlich verlaufenden Niederterrasse. Besonders das in der Nähe des Donauverlaufs gelegene römische Kastell in Oberstimm und die Kleinkastelle entlang der Donausüdstraße profitierten von der Situation mit dem mühelosen Zugang zu dem Flusssystem. Auch das bekannte römische Straßennetz meidet die feuchten, gewässernahen Bereiche und liegt mit Ausnahme der Flussübergänge gänzlich auf den höher gelegenen äußeren Terrassenrändern. Wie archäologische Brunnenbefunde im Randbereich der Flussaue zeigen, lagen nur geringe Grundwasserschwankungen von ca. 50–80 cm vor, was darauf hindeutet, dass die Donau damals über ein wesentlich seichteres und damit breiteres Flussbett verfügte. Das Donautal muss in dieser Zeit über Furten verfügt haben, die es erlaubten, den Hauptstrom an geeigneten Stellen, meist Schwemmfächer oder flache Schotterbänke, bei entsprechenden Niedrigwassersituationen zu überqueren.

Gefälle- und Fließgeschwindigkeit der antiken Donau

Für die Berechnung von Reisezeit und Reisegeschwindigkeit ist es unerlässlich, die Fließgeschwindigkeit der Donau zu bestimmen. Die Schwierigkeit liegt generell darin, dass für die antike Donau weder der exakte Flussverlauf noch die Gerinnegeometrie für die weiteren Berechnungen bekannt sind. Vor allem in den letzten Jahrhunderten haben anthropogene Einflüsse wie Begradigungen und Laufverkürzungen an der Donau und die damit verbundenen Erosionen und Eintiefungen des Flussgerinnes zu einer deutlichen Veränderung der Gefälle- und Fließgeschwindigkeiten geführt. Allein die Fließstrecke der Anfang des 19. Jh. noch frei fließenden Donau hat sich innerhalb des Untersuchungsgebietes von 80,4 km staugeregelt auf eine Streckenlänge von 66 km verringert (Abb. 8).

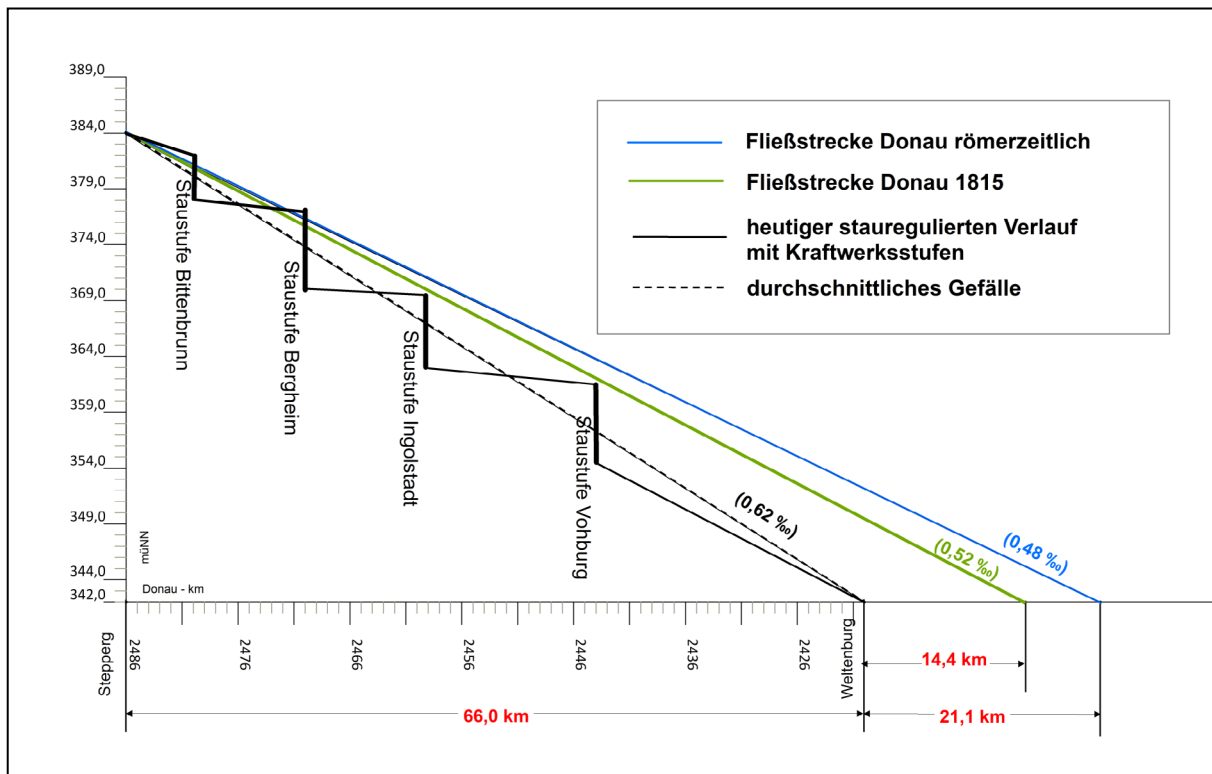


Abb. 8: Veränderung der Fließstrecke und der Gefälleverhältnisse seit der Römerzeit innerhalb des Untersuchungsgebietes (Verf.).

Bedingt hierdurch hat sich das Fließgefälle um insgesamt 10 ‰ verringert. Als Glücksfall erwies sich, dass südlich von Ingolstadt entlang eines rund 13 km langen Flussabschnittes (heutige Sandrach) noch größere zusammenhängende Flächen von eisen- und römischen Terrassen existieren, über welche sich die Gefälleverhältnisse der antiken Donau abgreifen lassen. Das Fließgefälle kann aus den Längsprofilen der rezenten Sohl- und Wasserspiegellage der Sandrach mit ca. 0,54 ‰ abgeleitet werden. Umgelegt auf die 87,1 km lange rekonstruierte Donaustrecke, wurde das Gefälle letztlich über die Höhenangaben des hydrologischen Flusslängsschnittes mit einem einheitlichen Gefälle von 0,48 ‰ ausgeglichen.

Eine ungleich größere Herausforderung stellt die Abschätzung der mittleren Fließgeschwindigkeit für die Vergangenheit dar. Die zur hydraulischen Berechnung erforderlichen Abflussprofile orientieren sich wiederum an unterschiedlichen Querschnitten innerhalb der morphologisch weitgehend erhaltenen römischen Auenterrassen südlich von Ingolstadt. Die Berechnung der Fließgeschwindigkeit erfolgte über die empirische Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler²⁰ mit einer Fließgewässerrauheit von $0,3 \text{ s/m}^{1/3}$. Im Ergebnis kann die antike Fließgeschwindigkeit mit $0,85 \text{ m/s}$ bei einem Abfluss²¹ von $225 \text{ m}^3/\text{s}$ bestimmt werden. Diese Abflussmengen dürften circa in der Größenordnung damaliger Abflüsse gelegen haben, sofern man von einem römischen Klimaoptimum²² ausgehen kann. In welchem

20 Hydraulische Berechnung von Fließgewässern mit Vegetation DWA-M 524, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), D-53773 Hennef.

21 Die berechnete Abflussmenge liegt im Bereich der langjährig (1947–2005) gemessenen niedrigen bis mittleren Donauabflüsse von 128 bis $310 \text{ m}^3/\text{s}$, Bayer. Landesamt für Umwelt, Statistisches Jahrbuch, Messpegel Nr.: 10046105 Ingolstadt Luitpoldstraße. Digitalisiert abrufbar unter: https://media.hnd.bayern.de/pegel_jahrbuchseiten/Q/10046105.pdf (zuletzt abgerufen 27-04-2020).

22 Glaser (2008), S. 58.

Umfang klimatische, flussinterne oder anthropogene Einflüsse für die Entwicklung verantwortlich sind, wird vielfach in der Wissenschaft diskutiert.²³

Abflussberechnungen bei Hochwasser ergaben nur eine geringe Zunahme der Fließgeschwindigkeit, da sich der Abfluss innerhalb der breiten Flusslandschaft über eine Vielzahl von Nebengerinnen und höher gelegenen Auenterrassen erstreckte. Der Fluss konnte daher wohl auch bei kleineren Hochwassereignissen befahren werden, selbst wenn sich die Orientierung bei einer Vielzahl von Nebengerinnen schwierig gestaltet haben dürfte.

Römische Flussschifffahrt und deren Fahrzeiten

Schiffstypen und Rudergeschwindigkeiten

Zwischen 2004 und 2011 wurden die in den 80er Jahren in Mainz und Oberstimm bei Manching geborgenen Schiffswracks von Teams aus Wissenschaftlern, Studierenden und freiwilligen Helfern unter der Leitung von Christoph Schäfer rekonstruiert und wissenschaftlich untersucht.²⁴ Die Schiffstypen *navis lusoria* und *Oberstimm* (Abb. 9) erwiesen sich bei Testfahrten durch ihre leichte Bauart und fehlende Ladung als überaus wendig und schnell einsatzbereit.



Abb. 9: Nachbau des Typs Oberstimm 1 Victoria, Foto: W. Huppertz.

²³ Jerz / Peters (2002), S. 107.

²⁴ Brechtel / Schäfer / Wagener (2016), S. 236–250.

Die mit Besatzung rund 4–5 Tonnen schweren Schiffe konnten mühelos beschleunigen und in der Spitze eine Endgeschwindigkeit von über 5 Knoten erreichen. Mit einem Rahsegel von 25 m² ausgerüstet, bildeten etwa 20–24 Ruderer den Hauptantrieb, was die Boote unabhängiger von Wind und Strömung macht. Die bis zu 18 m langen und 2,70 m breiten Schiffe waren allein mit der Besatzung ausgelastet und weniger zum Lastentransport konzipiert. Sie wurden vermutlich als Patrouillenboote genutzt, um die römischen Grenzen zu sichern. Bei den römischen Flusskriegsschiffen wird angenommen, dass sie im Donaauraum weit verbreitet und für die Bedingungen auf der Donau konzipiert waren.

In zahlreichen mit den Schiffsnachbauten unternommen Versuchen, konnten bei mittleren Ruderfrequenzen für die *lusoria Rhenana* Rudergeschwindigkeiten von 4,1–4,7 Knoten und für den Bootstyp *Oberstimm* 4,6–5,3 Knoten ermittelt werden. Die Geschwindigkeiten wurden mit einem elektronischen nautischen Messsystem gemessen, mit dem die Versetzung durch Strom und Wind – also die Drift – herausgerechnet werden kann. So lassen sich valide und vergleichbare Daten gewinnen. Diese können daher auf den mäandrierenden Flussverlauf der Spätantike übertragen werden. Bei mehrtägigen Fahrten auf überwiegend geraden Kursen und bei längeren Distanzen, ist allenfalls eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 3–4 Knoten realistisch.²⁵ Für die nachfolgenden Simulationsberechnungen wird aufgrund der variierenden Gegebenheiten, von einer Rudergeschwindigkeit von 3 Knoten (= 5,5 km/h) flussaufwärts und von 3,5 Knoten (= 6,5 km/h) flussabwärts ausgegangen.

Segeleigenschaften der Schiffsnachbauten

Die Segeleigenschaften der Schiffsnachbauten wurden in zahlreichen Erprobungsfahrten ermittelt und in Polardiagrammen dokumentiert.²⁶ „Ein Polardiagramm zeigt die Segeleigenschaften eines Schiffes, d. h. die maximale Geschwindigkeit (bei optimaler Segelstellung) in Abhängigkeit von Windstärke und Windrichtung zum Schiff.“²⁷ Die Winkel im Polardiagramm dürfen hierbei nicht mit den Himmelsrichtungen verwechselt werden. Bei Testfahrten wurden Messungen bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten durchgeführt. Die erreichten Geschwindigkeiten wurden je nach Winkelbereich durch verschiedene Farben mit 1 bis 7 Knoten im Polardiagramm abgebildet (Abb. 10).

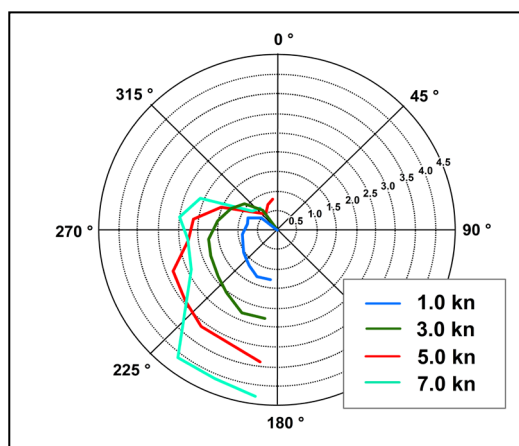


Abb. 10: Polardiagramm der *lusoria Rhenana* (Graphik: C. Wawrzyn).

25 Mündl. Mitteilung Christoph Schäfer (Univ. Trier): Medizinische Versuche auf dem Halterner See haben gezeigt, dass wir mit einer Dauerleistung von bis zu 4,48 kn für die *Lusoria Rhenana* und von 5,10 kn für die *Victoria* (Oberstimm 1) kalkulieren dürfen (Brechtel / Schäfer / Wagener [2016], S. 144).

26 Günther / Wawrzyn (2013).

27 Brechtel / Schäfer / Wagener (2016), S. 237.

Die Versetzung (Drift), welche bei seitlichem Wind unter Segel entsteht, wurde bei der Erstellung des Polardiagramms berücksichtigt und herausgerechnet. Zur Berechnung der Reisezeiten wurden die ermittelten Leistungsdaten der *navis lusoria Rhenana*, mit den interpolierten Messergebnissen von 1,3 – 4,2 Knoten, verwendet.

Windverhältnisse im Donautal

Windgeschwindigkeiten, Windrichtung und Windstärke sowie deren Häufigkeit, dürften sowohl für die Seefahrt als auch für die Binnenschifffahrt eine große Rolle gespielt haben. Es ist davon auszugehen, dass vor 2000 Jahren die postglazialen Landformen den heutigen entsprachen und bedingt durch die Corioliskraft und die planetarische Zirkulation bei uns die „Westwindzone“ vorherrschend war.²⁸

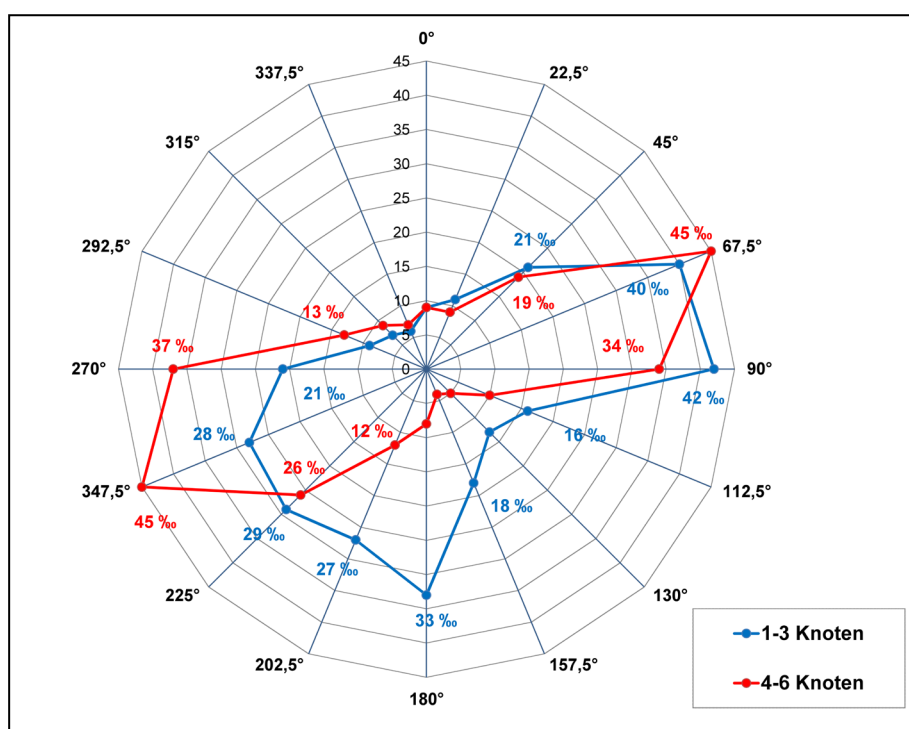


Abb. 11: Mittlere Bodenwindverteilung in 10 m Höhe, Messstation Flughafen Manching von 1971–2000 (Verf.).

Die Windverhältnisse im Donautal sind geprägt durch die Beckenlage, welche im Norden von den Juraausläufern und im Süden vom tertiären Hügelland begrenzt wird. Im Bereich der tief eingeschnittenen Flusstäler (Weltenburg-Eining und Neuburg-Stepperg) sorgt die Topografie zudem für eine Kanalisierung der Luftmassen mit südwest- und nordöstlich orientierten Hauptwindrichtungen. „Bayern erweist sich aufgrund seiner Randlage in Bezug auf den nordhemisphärischen Westwindgürtel als überwiegend windschwaches Gebiet. Die typischen Windgeschwindigkeiten in den südbayerischen Flusstälern liegen zwischen 1,7 und 2,0 m/s.“²⁹

28 Mündl. Information von Jürgen Kübert, Wehrtechnische Dienststelle für Luftfahrzeuge und Luftfahrtgerät der Bundeswehr (WTD 61) GF 230 GeoInfoBSt, Flugplatz 85077 Manching.

29 StMWIVT (2010), S. 17.

Für die nachfolgenden Rechenansätze wurden die langjährigen Daten der gemessenen Winddaten vom Flugplatz Manching für den Beobachtungszeitraum 1971–2000 verwendet. Die Messstation liegt ca. 5 km östlich von Oberstimm – dem Fundort der Römerschiffe. Aus der Abb. 11 sind die Bodenwindverteilungen im Donautal bei Manching im Bereich der unteren Windgeschwindigkeiten von 1–6 Knoten dargestellt.³⁰ Bei Windgeschwindigkeiten von 1–3 Knoten stellt sich die Hauptwindrichtung mit 42 % bzw. 40 % innerhalb eines relativ eng begrenzten Korridors aus östlicher Richtung ein. Die vorherrschende Hauptwindrichtung im Donautal erfolgt mit einem Anteil von 28 % bis 33 % aus südwestlicher Richtung. Höhere Windgeschwindigkeiten mit 4–6 Knoten verteilen sich mit 45 % hingegen deutlich auf nordöstliche und südwestliche Richtungen. Bei den Windgeschwindigkeiten von 1–3 Knoten verteilten sich die Häufigkeiten auf rund 130 Tage und von 4–6 Knoten auf rund 107 Tage im Jahr. An 29 Tagen im Jahr war es gemäß den Aufzeichnungen der Wetterwarte Manching windstill. Einschränkungen dürften sich jedoch aus der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen ergeben haben. So konnte das Rahsegel flussabwärts bzw. flussaufwärts mit günstigen Hauptwindrichtungen aus Südwest und Nordost nur an ca. 70 Tagen im Jahr zum Einsatz kommen.

Berechnungsmodell für Fahrzeiten und Reisegeschwindigkeiten

Um die Fahrzeiten im Berechnungsmodell realitätsnah zu erfassen, ist es notwendig, den rekonstruierten Flussverlauf in einzelne Segmente mit entsprechenden Kurswinkeln zu untergliedern (Abb. 12).

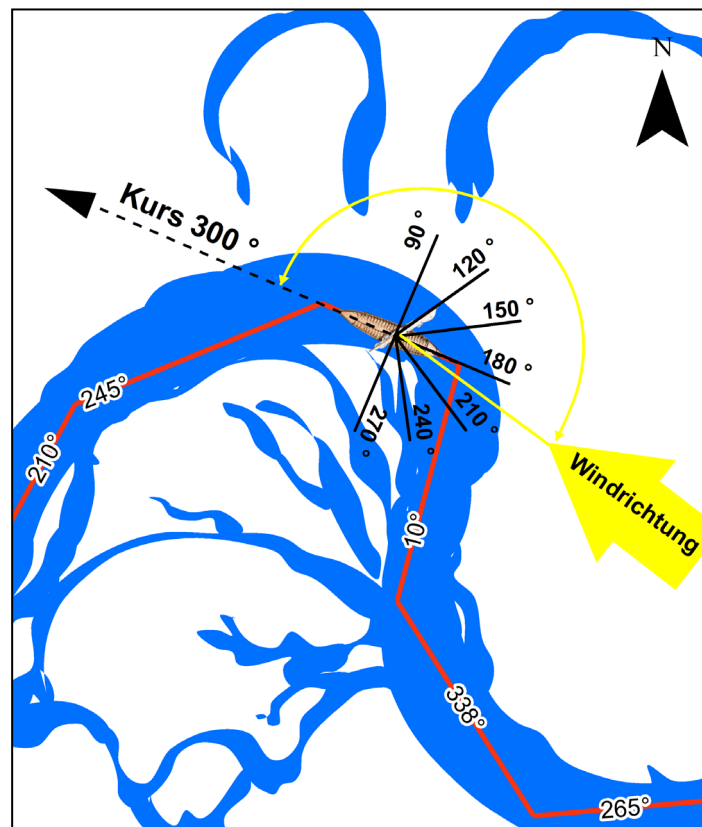
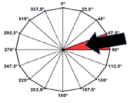
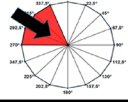
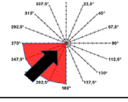



Abb. 12: Unterteilung des rekonstruierten Flussverlauf in einzelne Segmentabschnitte in Abhängigkeit von Kurswinkel, Windrichtung und Windeinfallswinkel zum Boot, unmaßstäblich (Verf.).

³⁰ Nach Information der Wetterbeobachtungsstation der Wehrtechnischen Dienststelle für Luftfahrzeuge, Manching ist dies die relative Häufigkeit der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Windrichtung (Durchschnitt 1971–2000).

Der 87 km lange Flussverlauf von Stepperg bis Weltenburg wird hierzu insgesamt in 146 Einzelsegmente mit Längen von 200–1600 m unterteilt. Kleinräumige Kursanpassungen an die Strömungsverhältnisse (Prallhang und Gleithang) bleiben zur Vereinfachung unberücksichtigt. Jedem einzelnen Segment, werden die jeweiligen Kurswinkel und Windeinfallswinkel aus dem Polardiagramm (Abb. 10) zugewiesen. Die Attribute der einzelnen Segmentabschnitte, welche im GIS-System vorliegen, werden abschließend über ein gestütztes Rechenmodell mit weiteren spezifischen Parametern wie Rudergeschwindigkeit (Fahrt durchs Wasser) und Strömungsgeschwindigkeit berechnet.³¹

Die für die antike Schifffahrt entscheidenden Ergebnisse wie Reisezeiten und Geschwindigkeiten sind sowohl für die vorwiegend günstigen, als auch für ungünstigen Hauptwindrichtungen in Tabelle 1 zusammengefasst.

	Windverhältnisse	Windrichtungs- verteilung	Windstärke bei 1 kn		Windstärke bei 3 kn		Windstärke bei 6 kn	
		[‰]	[h]	[km/h]	[h]	[km/h]	[h]	[km/h]
Flussaufwärts	günstig Ostnordost bis Ost (67,5° - 90°) 	41	20:41	4,2	15:57	5,5	12:33	6,9
	ungünstig West bis Nordwest (270° - 337,5°) 	11	Reisezeit ca. 35 h mit 2,5 km/h (nur Rudern)					
Flussabwärts	günstig Süd bis West (180° - 270°) 	28	7:53	10,5 - 11,3	7:09	11,1 - 12,8	6:25	11,9 - 14,6
	ungünstig Nord bis Ost (0° - 90°) 	25	Reisezeit ca. 9 h mit 9,5 km/h (nur Rudern)					

Tab. 1: Durchschnittlich berechnete Reisezeiten für den betrachteten 87,1 km langen Flussabschnitt mit den erreichten Geschwindigkeiten (Fahrt über Grund) bei unterschiedlichen Windverhältnissen und Windstärken.

Zu den flussabwärts erzielten Höchstgeschwindigkeiten ist anzumerken, dass sich die letztlich erreichten Geschwindigkeiten im unteren Bereich bewegen, da mit zunehmender Fahrt des Schiffes sich die Widerstandswerte bei der Fahrt durchs Wasser exponentiell erhöhen und deshalb die Segel- und Ruderleistungen nicht einfach addiert werden können. Kombiniert man Segel- und Ruderantrieb, gilt es zu bedenken, dass angesichts der Erfahrungen im Rahmen der Ruderversuche bei 6 Knoten Fahrt durchs Wasser ein Limit für die Koordination und die Frequenz der Ruderschläge erreicht wird. Eine Kombination der beiden Antriebsarten ist also überhaupt nur möglich bei Fahrt durchs Wasser von weniger als 6 Knoten.

Ausführliche Ergebnisse der numerischen Simulation sind als Netzdiagramme für alle Windrichtungen und unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten in den nachfolgenden Abb. 13 und Abb. 14 dargestellt. Aus ihnen sind die berechneten Fahrzeiten und die zurücklegbaren Ruderstrecken (mit oder ohne Segeleinsatz) zu entnehmen.

³¹ Die Umsetzung erfolgte mit ESRI ARCGIS und Microsoft Excel.

Simulierte Reisezeiten flussaufwärts

Bei optimalen Windverhältnissen mit 1–3 Knoten aus östlicher Richtung (67,5–90 Grad) liegen die Reisezeiten flussaufwärts für den rund 87,1 km langen Flussverlauf bei durchschnittlich 18,5 Stunden ($\pm 1,5$ h). Bei zunehmendem Wind auf 6 Knoten verringert sich die Fahrzeit auf rund 12,5 Stunden (siehe Abb. 13a). Unter diesen windgünstigen Voraussetzungen konnte mit rund 80 km der überwiegende Teil der Flussstrecke durch Rudern einschließlich Segelunterstützung bewältigt werden (Abb. 13b).

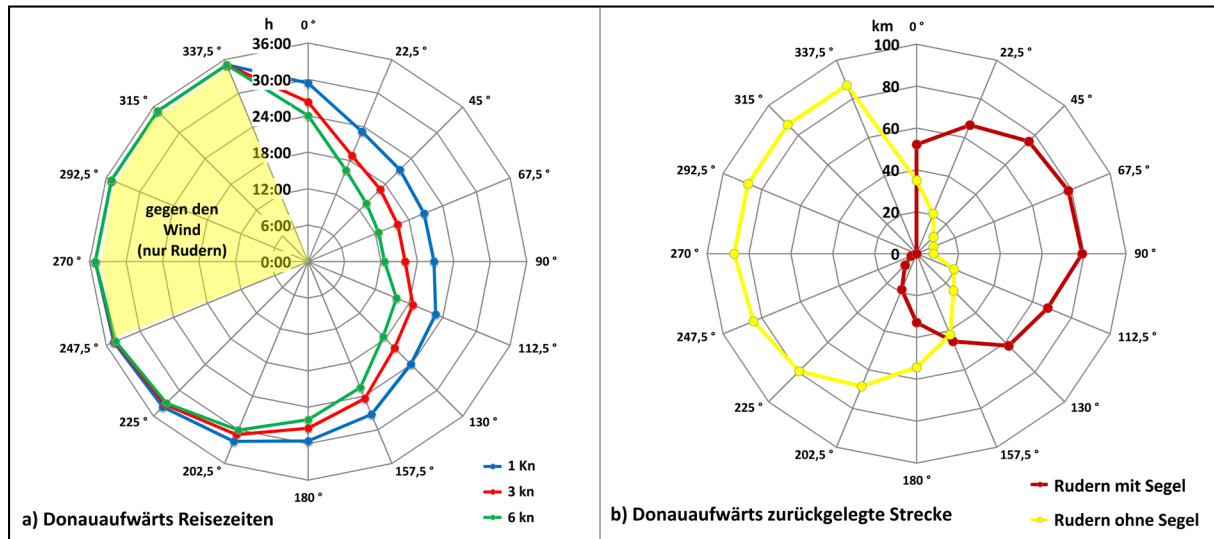


Abb. 13: Berechnete Reisezeiten und zurückgelegte Entfernungen bezogen auf Windrichtung und Windstärke (donauaufwärts) für den untersuchten Streckenabschnitt von 87,1 km. a) zeigt die erreichten Fahrzeiten von 12–34 Stunden in Abhängigkeit zu den Windrichtungen von 337,5°–247,5°. b) zeigt die zurücklegbare Ruderstrecke mit oder ohne Segeleinsatz. Beispiel: Kommt der Wind mit 0° aus Norden, können 52 km der Strecke mit Hilfe des Rahsegels und 35 km ohne Segel (nur Rudern) zurückgelegt werden (Verf.).

Für die verbleibende 7 km lange Flussstrecke musste sich die Mannschaft mit 3–5 Stunden zusätzlich in die Riemen legen. Segeln alleine ohne Rudern war bei einer kalkulierten Gegenströmung von 0,85 m/s erst ab Windstärken von mehr als 6 Knoten realisierbar. Stromaufwärts war bei optimalen Verhältnissen der 87,1 km lange betrachtete Flussabschnitt theoretisch in 2–3 Tagen zu bewältigen. Die Zeiten waren nur zu erreichen, wenn keine Flusshindernisse oder ungünstige Strömungsverhältnisse vorlagen, welche mittels Treideln oder Staken zu überwinden waren. Wie sich zeigte, verringerte hierbei der Einsatz des Rahsegels bei guten Windverhältnissen mit etwa 3 Knoten aus östlicher Richtung die Reisezeiten der Militärschiffe um ca. 16 Stunden. Mit Hilfe des Rahsegels wurde somit ein deutlicher Zeitgewinn erreicht, was auch erheblich zur Entlastung der Ruderer beigetragen haben dürfte. Dies setzte allerdings auch voraus, dass die Handhabung des Segels unter den ständigen Kurswechseln auf einem mäandrierenden Flussverlauf effektiv umsetzbar war. Wie die Ergebnisse zeigen, war der Einsatz des Rahsegels deutlich mehr als nur ein unterstützender Hilfsantrieb.

Stellte sich die Hauptwindrichtung jedoch durchgehend aus nordwestlichen Richtungen (270–337,5 Grad) ein, blieb nur noch Muskelkraft und die Strecke musste ausschließlich durch Rudereinsatz zurückgelegt werden. Die Reisezeit betrug für den untersuchten Streckenabschnitt dann mindestens 35 Stunden bei einer Reisegeschwindigkeit von 2,5 km/h.

Simulierte Reisezeiten flussabwärts

Flussabwärts konnte für den rund 87,1 km langen Untersuchungsabschnitt, bei einer südwestlichen Hauptwindrichtung (180–270 Grad), eine Reisezeit von durchschnittlich 7 Stunden ($\pm 1,5$ h) ermittelt werden (Abb. 14a).

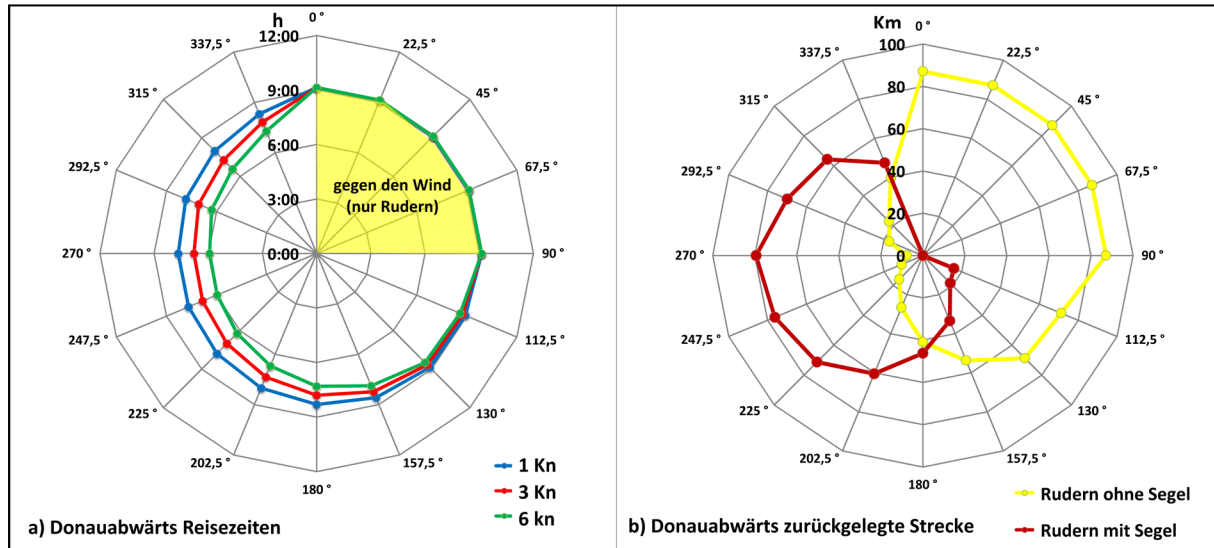


Abb. 14: Berechnete Reisezeiten und zurückgelegte Entfernungen bezogen auf Windrichtung und Windstärke (donauabwärts) für den untersuchten Streckenabschnitt von 87,1 km (Verf.). a) zeigt die erreichten Fahrzeiten von 6–9 Stunden in Abhängigkeit zu den Windrichtungen von 90°–360°. b) zeigt die zurücklegbare Ruderstrecke mit oder ohne Segeleinsatz. Beispiel: Kommt der Wind mit 112,5° aus Süden, können 71 km der Strecke mit Hilfe des Rahsegels und 16 km ohne Segel (nur Rudern) zurückgelegt werden.

Die erzielte Durchschnittsgeschwindigkeit betrug bei Windstärken von 1–6 Knoten zwischen 10–14 km/h über Grund (Tab. 1). Bei anhaltend guten Windverhältnissen und unter dem Einsatz einer routinierten Rudermannschaft dürfte die rund 87,1 km lange Flusstrecke von Stepperg bis zur Weltenburger Enge mit Unterstützung der Strömung in gut einem Tag zu schaffen gewesen sein. Dabei war der Einsatz des Rahsegels, unabhängig von der Windstärke, für die Reisezeit flussabwärts nicht so bedeutend, da sich Rudergeschwindigkeit und Fließgeschwindigkeit der Donau summieren und der Segelantrieb, gegenüber flussaufwärts, nur mehr einen unterstützenden Beitrag leisten konnte. Trotzdem wird die Besegelung auch flussabwärts für die Ruderer eine spürbare Entlastung gewesen sein. Deutlich geringere Fahrzeiten mit ca. 6,5 Stunden dürften bei einer Windstärke von 6 Knoten aus südwestlicher Richtung erzielt worden sein. Mittels Besegelung und gleichzeitigem Rudereinsatz konnten bei passenden Winden bis zu knapp 85% der Strecke bewältigt werden (Abb. 14 b). Für den restlichen Streckenverlauf lag der Bootskurs im Wind, so dass zur schnellen Fortbewegung wiederum der Ruderbetrieb entscheidend war. Solch optimale Bedingungen mit aus Südwest vorherrschenden Windsituationen dürften allerdings lediglich an ca. 70 Tagen im Jahr vorgelegen haben (Abb. 11).

Treideln und Staken

Bei der Bewältigung des fluvialen Systems musste vor allem flussaufwärts mit einer Reihe von Unwegsamkeiten gerechnet werden, welche die Fahrzeiten deutlich verlängern konnten. So konnte mit dem Rahsegel nur schlecht am Wind gesegelt werden, was bei den beengten Spielräumen und den

hierfür erforderlichen Manövern (Kreuzen) sowieso schwer zu bewerkstelligen war. Der mäandrierende Fluss zwang immer wieder zu Richtungsänderungen und zum ständigen Setzen und Bergen des Segels. Zusätzlich spaltete sich das Flussbett immer wieder in zahlreiche, sich ständig verändernde Arme mit unterschiedlichen Strömungsverhältnissen auf. Hinzu kam, dass je nach Vegetationsbedeckung der Flussaue mit wechselnden Windrichtungen und Verminderung der Windgeschwindigkeiten gerechnet werden musste. Ein Hauptproblem dürften jedoch ungünstige Strömungsverhältnisse, insbesondere bei extremem Niedrigwasser, aber auch bei Hochwasser, dargestellt haben.

Wenn ein Schiff aufgrund schwieriger Verhältnisse nicht mehr zu rudern war oder wenn es aufgrund von Windstille kein Vorwärtsschreiten mehr gab, musste es mittels Treideln oder Staken bewegt werden. Zum Treideln³² war neben Zugpersonen oder –tieren auch immer ein Pfad oder Weg und ein mehr oder minder freies Ufer nötig.³³ Das mühsame Treideln wurde vermutlich von einem Teil der Besatzung übernommen. Für die kleinen und wendigen Lusoriae muss das Staken eine gute Alternative zum Treideln dargestellt haben, sofern die Geschwindigkeit der Gegenströmung nicht zu groß wurde.

Zunächst stellt sich jetzt die Frage, ob und wie das Treideln bzw. Staken in das Berechnungsmodell integriert werden kann. Hierfür mussten gewisse Annahmen hinsichtlich der Rahmenbedingungen gemacht werden, da bislang keine belastbaren Erfahrungswerte vorliegen. So wurde unterstellt, dass auf ca. 10 % der untersuchten Flussstrecke ungünstige Strömungsverhältnisse, vorwiegend innerhalb der engen Flussschleifen auftreten, welche ein Treideln oder Staken erforderlich machten. Im Berechnungsmodell wurde für diesen Fall, für die kurzen Flussabschnitte (Segmente < 350 m), eine fiktive Geschwindigkeit von 0,60 m/s ohne Ruder- und Segeleinsatz einkalkuliert. Diese Geschwindigkeit ist durchaus denkbar, wenn man davon ausgeht, dass beim Schieben und Ziehen durch Menschenkraft eine Geschwindigkeit von ca. 2–2,5 km/h (= 0,5–0,7 m/s) erreicht werden kann. Bei entsprechenden Versuchen mit einem rekonstruierten römischen Prahm auf der Mosel konnten für das Treideln vergleichbare Geschwindigkeiten von 1,8 Knoten (0,9 m/s) und für das Staken 1,5 Knoten (0,77 m/s) erreicht werden.³⁴ Das berechnete Ergebnis ist überraschend eindeutig und ergab für die untersuchte Gesamtstrecke bei mittleren Windstärken von 3 Knoten, lediglich eine Fahrzeiterhöhung von bis zu 2 Stunden. Der Schluss liegt nahe, dass auch das Treideln oder Staken einen entscheidenden Beitrag zur Fortbewegung leisten konnte, wobei diese im Vergleich zur sonstigen Fahrt nur geringfügig langsamer gewesen sein dürfte.

Zusammenfassung

Durch die Rekonstruktion der antiken Wasser- bzw. Grundwasserspiegellagen und der räumlichen Verschneidung mit einem nachgearbeiteten Geländemodell wurde ein wassergeprägtes Fluss- und Landschaftsbild geschaffen. Dieses Differenzenmodell ermöglicht es, unter Berücksichtigung einer Reihe von geologischen und hydrogeologischen Datensätzen eine Rekonstruktion des römischen Flusslaufs zu bewerkstelligen. Im Kontext mit archäologischen Fundplätzen wird deutlich, dass nicht nur in römischer Zeit eine angepasste Besiedelung des Donautals gegenüber potenziellen Überschwemmungsgebieten, grundwassernahen Böden oder staunassen Gebieten lebenswichtig war. Der über eine Länge von 87 km rekonstruierte Flussverlauf entspricht einem weitgehend gewundenen

32 Siehe hierzu den Beitrag von P. Reinard in diesem Band (Reinard [2020] – mit weiterer Literatur).

33 Für diesen Abschnitt der Donau ist von einem einigermaßen befestigten Weg und einem freien Ufer ohne Vegetation, nicht auszugehen. Die heute noch erkennbaren Treidelpfade sind vermutlich erst im Mittelalter an dem zunehmend stabileren Flusslauf entstanden. Hinzu kamen seitliche Zuflüsse und Nebengerinne als Störfaktoren.

34 Döpke (2017), S. 11.

bis mäandrierenden Flusscharakter mit einzelnen Nebengerinnen. Der ermittelte Mäandrierungsfaktor von 1,4 liegt deutlich über dem historischen Flussverlauf von 1818 mit einem Faktor von 1,28 und einer Lauflänge von 66 km.

Durch die Verknüpfung der experimentell ermittelten Leistungsdaten der Schiffsnachbauten mit den wirklichkeitsnahen Attributen wie Windverteilung, Bootskurs und Fließgeschwindigkeiten eines rekonstruierten antiken Flusssystems war es möglich, realitätsnahe quantifizierbare Reisezeiten für eine römische Flussschifffahrt zu simulieren.

Wie die Modellsimulationen ergaben, konnten die Flusskriegsschiffe den 87,1 km lange Flussabschnitt im Untersuchungsgebiet stromaufwärts bei optimalen Windverhältnissen mittels Rudern und Segeln und je nach Windstärke in 13 bis 21 Stunden zurücklegen. Mit einer durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit von 5,5 km/h, war der Abschnitt von Weltenburg bis Stepperg je nach Windverhältnissen theoretisch in 2–3 Tagen zu bewältigen. Der Einsatz des Rahsegels führte bei guten Windverhältnissen zu einem Zeitgewinn von rund 16 Stunden, sofern das Segel angesichts der ständigen Kurswechsel auf einem mäandrierenden Flusslauf effektiv gehandhabt wurde. Für Fahrten unter Segel unterstreichen die Ergebnisse die hohe Bedeutung des Rahsegels als effektivem Zusatzantrieb. Mussten die Schiffe flussaufwärts gegen den Wind fahren, verlängerten sich die Reisezeiten bei durchgehender konstanter Ruderleistung auf mindestens 35 Stunden bei einer Reisegeschwindigkeit von ca. 2,5 km/h. Eine zuverlässige und windunabhängige Alternative stellte flussaufwärts das Treideln oder Staken dar. Die Simulationsberechnungen zeigen, dass sich die Reisezeit, wenn beispielsweise 10 % der Strecke getreidelt oder gestakt werden musste, nur geringfügig um ca. 2 Stunden erhöhte.

Flussabwärts ergeben die Modellberechnungen, dass der untersuchte Streckenabschnitt bei günstigen Windverhältnissen in durchschnittlich 7 Stunden zu bewältigen war. Vor allem unterstützt durch die Fließgeschwindigkeit der Donau konnte unter Ruder eine Reisegeschwindigkeit von 10–12 km/h erzielt werden. Die schnellen und effizienten Patrouillenboote waren somit in der Lage, flussabwärts ihre ganze militärische Überlegenheit auszuspielen und in kürzester Zeit im Einsatzgebiet für Kampfeinsätze zu Verfügung zu stehen. Ausgehend vom Römerkastell Oberstimm konnte bei einer durchschnittlichen Windstärke von 3 Knoten, der Flussabschnitt bis zum Kastell Abusina in Eining mit dem Strom in ca. 4 Stunden oder das ungefähr 90 Flusskilometer entfernte Legionslager in Regensburg in ca. 8 Stunden erreicht werden. Das rund 30 km flussaufwärts gelegene römische Militärlager in Neuburg konnte hingegen erst nach einer Fahrzeit von ca. 6 Stunden erreicht werden.

Die größten Faktoren, welche die Schifffahrt auf der Donau erschwerten oder ganz einschränkten, dürften die Wind- und Wetterverhältnisse sowie Hoch- und Niedrigwasser gewesen sein. Die Ergebnisse stellen somit Annäherungswerte dar, welche je nach örtlichen Verhältnissen gewissen Schwankungen unterliegen. Trotz der Beschwerlichkeiten und Tücken, welche eine Schifffahrt gegen und mit dem Strom mit sich brachte, dürfte der Zeitvorteil gegenüber dem Landweg dennoch außer Frage stehen.

Mit Hilfe der prognosefähigen Modellsimulation können künftige Fragestellungen zu Reisezeiten in der antiken Flussschifffahrt plausibel bearbeitet werden. Im Rahmen der experimentellen Archäologie bestünde nun die Möglichkeit durch realitätsnahe Versuche auf vergleichbaren Flusssystemen zukünftig neue Erkenntnisse erzielen, um das Berechnungsmodell zu überprüfen und zu verfeinern.

Literatur

- Aßkamp / Schäfer (2008): R. Aßkamp, C. Schäfer (Hg.), Projekt Römerschiff, Nachbau und Erprobung für die Ausstellung 2000 Jahre Varusschlacht, Hamburg 2008.
- StMWIVT (2010): Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (2010), Bayerischer Windatlas, München 2010.
- Brechtel / Schäfer / Wagener (2016): F. Brechtel, C. Schäfer, G. Wagener (Hg.), Lusoria Rhenana ein römisches Schiff am Rhein, Hamburg 2016.
- Döpke (2017): A. Döpke, „Zur Leistungsfähigkeit antiker Prahme: Auswertung erster Treidelversuche mit einer Prahmrekonstruktion nach Funden aus Bevaix/Neuchâtel in der Schweiz“, in: H. Walle (Hg.): Über die Kimm – Maritime Themen. Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Schifffahrts- und Marinegeschichte e.V. 19, Bonn 2017, S. 8–18.
- Gerlach (2006): R. Gerlach, Holozän: „Die Umgestaltung der Landschaft durch den Menschen seit dem Neolithikum“, in: J. Kunow – H. Wegner (Hg.), Urgeschichte im Rheinland, Köln 2006, S. 87–96.
- Glaser (2008): R. Glaser, Klimageschichte Mitteleuropas. 1200 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen, Darmstadt 2008.
- Günther / Wawrzyn (2013) H. M. Günther, A. C. Wawrzyn, Roman warship project <https://roemerschiff.readthedocs.io> (zuletzt abgerufen am 29-04-2020).
- Hofmann (2000): S. Hofmann Geschichte der Stadt Ingolstadt. Von den Anfängen bis 1505, Ingolstadt 2000.
- Jerz / Schmidt-Kale (1999): H. Jerz, H. Schmidt-Kale, Geologische Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7234 Ingolstadt mit Erläuterungen, München 1999.
- Jerz / Peters (2002): H. Jerz, M. Peters, Flusssdynamik der Donau bei Ingolstadt in vorgeschichtlicher, geschichtlicher und heutiger Zeit, mit Ergebnissen zur Landschafts- und Vegetationsentwicklung, in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie 24, München 2002, S. 95–108.
- Peters / Jerz / Küster (2002): M. Peters, H. Jerz, H. Küster, Entwicklung und Wandel einer Flusslandschaft (Donautal bei Ingolstadt) seit der letzten Eiszeit. Arbeitskreis Vegetationsgeschichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft. 12. Jahrestreffen vom 25. – 28. Oktober 2002 in Greifswald, 14.
- Schmitt (1797): J. H. v. Schmitt, von Schmitt'sche Karte von Südwestdeutschland vom Jahre 1797. Freudenstadt 1797.
- Näßl (2016): H. Näßl, Grabungsbericht Baugebiet „Am Kirchsteig“ der Stadt Ingolstadt Ortsteil Hagau, Pro Arch Prospektion und Archäologie GmbH, Am Nordbahnhof 23, 85049 Ingolstadt.
- Zbinden (2011): E. Zbinden, Das Magdalenen-Hochwasser von 1342 – der „hydrologische Gau“ in Mitteleuropa, in: Wasser Energie Luft – Eau Energie Air 103,3, S. 193–203.

Abbildungs-/ Tabellennachweise

Abb. 1: Basisdaten Geländemodell SRTM-GDEM ©NASA 2009; Graphik: Stadt Ingolstadt (U. Arauner).

Abb. 2–5, Abb. 7–8, Abb. 11–14: U. Arauner.

Abb. 6: Foto Pro Arch, Ingolstadt.

Abb. 9: Foto W. Huppertz.

Abb. 10: Graphik A. C. Wawrzyn.

Autorenkontakt³⁵

Uwe Arauner

Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR
Wasserwirtschaft und Grundwassermanagement
Hindemithstraße 30
D – 85057 Ingolstadt

uwe.arauner@in-kb.de

35 Die Rechte für Inhalt, Texte, Graphiken und Abbildungen liegen, wenn nicht anders vermerkt, bei dem Autor. Alle Inhalte dieses Beitrages unterstehen, soweit nicht anders gekennzeichnet, der Lizenz CC BY 4.0.

„... treidelten wir das Schiff mit Mühe in den Hafen des Arsinoites“ – Überlegungen zu den Akteuren in der Binnenschifffahrt und zu Quantifizierungsmöglichkeiten¹

Patrick Reinard

Abstract: Only a few precise data on the economic and historical importance of inland navigation and its efficiency can be obtained from ancient sources. Although there is a lot of archaeological material and also sporadic written references in papyrological and literary sources, it has so far been impossible to determine the efficiency of inland navigation due to the lack of accurate data on the sailing characteristics of river vessels and the physical strain of the tow against the direction of flow. On the basis of new experimental archaeological data, which could be worked out in the context of a Trier research project, there are now reliable data available especially for the towing of a smaller leaf-bottom vessels (so-called „Prahme“) for the first time. These allow precise determination of personnel costs and transport speed as well as general conclusions about the efficiency of inland navigation.

Am 26. Tag des Monats Loios im 25. Jahr des Ptolemaios III. Euergetes I – was dem 28. Januar 222 v. Chr. entspricht – hat ein Schiffsspediteur namens Libys die nachstehende Eingabe aufgesetzt, die aus Magdola im Arsinoites stammt:²

Dem König Ptolemaios Gruß von Libys, Schiffsspediteur eines Nilschiffes mit 10.000 Artaben Fassungsvermögen, das Archidamos und Metrophanes gehört. Ich hatte Ladeorder für die Thebais erhalten, doch erhob sich bei Aphroditopolis ein Sturm, und die Rah / Segelstange des Schiffes brach, so daß ich nicht in Empfang nehmen konnte, wofür ich die Papiere hatte. Da der Arsinoitische Gau nicht weit weg war, und, obwohl wir viel Aufwand hatten, treidelten wir das Schiff und führten es nach dem Hafen des Arsinoites, wobei man die Segel nicht mehr benutzen konnte. Damit wir nun nicht hier liegen bleiben, und weil es der Brauch ist, falls von den Schiffsspediteuren jemandem so etwas passiert, den Strategen der Gegend Anzeige zu machen, damit die Fahrzeuge nicht an den Stellen verbleiben und der Getreidetransport Schaden erleidet, sondern auf die ihnen gegebene Order hin aus der Stadt Fracht geladen wird, deswegen bitte ich Dich, o König, weise den Strategen Diophanes an, dass er das prüfen möge und, wenn wahr ist, was ich schreibe, den Sitologen unseres Bezirks auf schnellste Weise beauftrage, das Schiff aufs schnellste im Hinblick auf die mir früher erteilten Anweisungen aus seinem Amtsbereich (mit Getreide) zu beladen; denn das Schiff ist groß und wenn das Wasser fällt, ist das Schiff auch leer nicht nach der Stadt (= Alexandria) zu bringen. Durch Dich aber, o König, erlangen wir (Gerechtigkeit). Gehab Dich wohl ... Ich schwöre bei dem König Ptolemaios (und) bei der Königin Berenike, bei Sarapis, bei Isis, bei ... (verso) Im 25. Jahr, 26. Tag des Monats Loios, das ist der 13. Tag des Monats Choiach. Schiffsspediteur Libys wegen des Beladens seines Schiffes aus dem Gau.³

1 Für Diskussionen, Anregungen und Hinweise bin ich Amon Traxinger, Sascha Weiler, Christoph Schäfer und Reinhold Scholl zu Dank verpflichtet.

2 P.Enteux. 27 = P.Lille 2/11 = W.Chr. 442; vgl. Hengstl (1978), Nr. 139.

3 Übersetzung n. Hengstl (1978), S. 335f. mit leichten Anpassungen; französische Übersetzung in P.Enteux. 27 u. P.Lille 2/11.

Der inhaltliche Kontext dieser Urkunde muss kurz erläutert werden: Libys war auf dem Weg nilaufwärts in die Thebais, um dort Getreide abzuholen und es nilabwärts nach Alexandria zu befördern. Offensichtlich war er in staatlichem Auftrag unterwegs; in der Übersetzung steht „Ladeorder für die Thebais“, was eine freie, aber völlig richtige Übertragung von ἔχοντός μου ἐπιστολὰς εἰς τὴν Θηβαίδα⁴ ist.⁵ Die ‚Episteln‘ führte Libys sicherlich als Urkunden mit sich; er nennt sie in Z. 4f. ein zweites (τὰς ἐπι/στολὰς ἐκόμιζον) und in Z. 12 ein drittes Mal (ταῖς προυπαρχούσαις ἐπιστολαῖς). Bei Aphroditopolis, dem heutigen Atfith,⁶ geriet das mittels Windkraft nilaufwärts⁷ fahrende Schiff in einen Sturm⁸ und erlitt Beschädigungen, weshalb eine reguläre Weiterfahrt nicht mehr möglich war. Das Rah bzw. die Segelstange war gebrochen bzw. beschädigt: πονήσαι / τὴν κεραίαν.⁹ Mit Not erreichte man einen arsinoitischen Hafen, bei dem es sich – wie in der Erstedition und bei Wilcken und Hengstl vermutet – sehr wahrscheinlich um den von Ptolemaios Hormu¹⁰ gehandelt haben muss.¹¹ Die Segelstange muss derart beschädigt gewesen sein, dass ein Fahren unter Segel unmöglich war. Das Schiff wurde geschleppt bzw. getreidelt.¹² Explizit sagt Libys, dass er die Segel nicht mehr einsetzen konnte: παρὰ τὸ μὴ δύνασθαι τοῖς ἱστίοις ἔτι χρᾶσθαι.¹³ Der Terminus ἱστίων benennt die Segel, während etwa ἱστός den Mast bezeichnen würde.¹⁴ Allerdings ist die Lesung des Papyrus nach den in Anm. 2 zitierten Editionen an dieser Stelle zweifelsfrei:¹⁵ Die Segel konnten nicht eingesetzt werden, wobei dies nicht heißen muss, dass diese selbst beschädigt waren. Es ist, bedenkt man die Intention des Libys sogar eher davon auszugehen, dass die Segel selbst keinen Schaden erlitten hatten, da er dies ansonsten explizit gesagt hätte. Nach dem erhaltenen Wortlaut war nur die κεραία defekt und als Konsequenz waren die an sich einsatzbereiten Segel nicht mehr funktionsfähig.¹⁶ Vermutlich befuhren Libys und seine Mannschaft

4 Z. 2.

5 Vgl. W.Chr. S. 520.

6 <https://www.trismegistos.org/geo/detail.php?tm=236>; <https://pleiades.stoa.org/places/736889> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020).

7 Zur Bedeutung von ἀνακομισθῆναι in Z. 4 vgl. W.Chr. S. 520 („stromaufwärts“).

8 γενομένου χειμῶνος [κατ]ὰ Ἀφροδίτης πόλιν Z. 3.

9 Z. 3f. Das Wort κεραία (lat. *antenna*; Georges I 463; Isid. orig. 19,2,7) kommt relativ selten vor; vgl. WB I 787 u. WL 428; im 3. Jh. v. Chr. ist es u.a. noch in P.Cair.Zen. 4/59566 bezeugt; vgl. auch P.Lille 2/11 Zeilenkommentar, wo κεραία wie folgt umschrieben wird: „Vergue ou antenne, que l’on hisse au haut du mât, plus longue et plus forte que lui, sur les bateaux égyptiens; elle soutient leur unique voile ...“. Das Verb πονέω „baufällig / schadhaft / defekt sein“ (vgl. WB II 339) lässt hier nicht erkennen, was genau an Rah bzw. Segelstange durch den Sturm beschädigt wurde. Hengstl (1978), S. 335 geht von einem Bruch aus; ebenso in den Übersetzungen in P.Enteux. 27 u. P.Lille 2/11: „... la vergue de la barque vint à se briser“ (S. 97; vgl. P.Enteux. S. 76). Vorsichtiger ist Thompson (2012), S. 751, die mit „... my boat suffered damage to its yard-arm“ übersetzt; zum Terminus κεραία vgl. auch Höckmann (1985), S. 154.

10 <https://www.trismegistos.org/geo/detail.php?tm=2024> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020); <https://pleiades.stoa.org/places/737029> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020); https://www.trismegistos.org/fayum/fayum2/map.php?geo_id=2024 (zuletzt abgerufen am 19-05-2020).

11 Hengstl (1978), S. 336; W.Chr. S. 520; vgl. P.Lille 2/11 Zeilenkommentar. Der in Z. 13 genannte Stratege Diophanes ist für das Fayum-Gebiet bezeugt, was die Identifizierung des Hafens mit Ptolemaios Hormu nahelegt.

12 Das Verb ἐλκύω / ἔλκω kann mit „fortschaffen, schleppen, verschleppen, zwingen, etwas in die Länge ziehen“ übersetzt werden (vgl. WB I 470), was aufgrund des inhaltlichen Kontextes hier eindeutig auf ein Treideln des Schiffes hinweist.

13 Z. 7.

14 Vgl. WB I 703.

15 Vgl. auch die online verfügbare Abbildung im Photographic Archive of Papyri in the Cairo Museum: <http://ipap.csad.ox.ac.uk/4DLINK4/4DACTION/IPAPwebquery?vPub=P.Enteux.&vVol=&vNum=27> (zuletzt abgerufen am 12-05-2020).

16 Auffällig und in der bisherigen Forschung nicht problematisiert, ist die Variation zwischen dem Singular in Z. 3 (τὴν κεραίαν) und dem Plural in Z. 7 (τοῖς ἱστίοις). Ohne Zweifel verfügte das Schiff des Libys über ein Rahsegel. An einer κεραία können aber nicht mehrere Segel befestigt gewesen sein. Was meint Libys also, wenn er bewusst den Plural von ἱστίων gebraucht? Eventuell verfügte er über verschiedene Segel mit unterschiedlichen Größen. Dann ergäbe sich die Interpretation, dass die Segelstange derart beschädigt, vielleicht in der Tat gebrochen war, weshalb auch ein Einsatz eines kleineren Segels unmöglich wurde. Ebenfalls zu überlegen ist, ob Libys vielleicht ein Top-Segel verwendete, wie

einen der Schifffahrtskanäle, die allerdings – insbesondere für große Schiffe – häufig zu wenig Wasser führten. Es ist zu bedenken, dass die Urkunde Ende Januar und damit ca. sechs Monate vor dem jährlichen Ansteigen und ca. sieben Monate vor dem Höhepunkt des Nils aufgesetzt wurde.¹⁷ Daraus folgt, dass die Gefahr liegen zu bleiben, in den nächsten Wochen und Monaten für Libys eher größer wurde. Dieses Szenario wird auch explizit betont: ἵνα οὖν μὴ καταφθα / ρῶμεν ἐνταῦθα;¹⁸ ὅπως ἂν μὴ κατα / φθείρηται τὰ πλοῖα ἐπὶ τῶν τόπων;¹⁹ man befürchtet, dass das Schiff auch aufgrund seines Fassungsvermögens gar nicht mehr nach Alexandria gebracht werden könnte: παρὰ τὸ μέγα εἶναι τὸ πλοῖον καὶ μὴ, τοῦ ὕδατος ἀναχωροῦντος, μηδὲ κενὸν τὸ πλοῖον / δυν[ατὸν ἦι] κοιμισθῆνα[ι] εἰς τὴν πόλιν.²⁰ Zu bemerken ist hier, dass die Größe des Schiffes zwar durchaus beachtlich, aber mit einer Kapazität von 10.000 Artaben (= ca. 30.000 kg)²¹ nicht außergewöhnlich war.²² Die Formulierung sollte folglich auch mit Berücksichtigung der Intention des Libys gelesen werden. Dennoch ist Libys' Angst, mit dem Schiff liegen zu bleiben, sicher berechtigt. Es muss aber bedacht werden, dass eine Fahrt ohne richtigen Segeleinsatz deutlich mehr Zeit und Arbeitseinsatz – was mit σχόντες πολλὰ πράγματα μόγις²³ („obwohl wir viel Aufwand hatten“) kurz betont wird – in Anspruch nehmen würde. Für solche Fälle, in denen Schiffsspediteure unverschuldet in eine Problemlage gerieten, hatte der ptolemäische Staat die Möglichkeit geschaffen, dass ein Schiffer entgegen seinem ursprünglichen Auftrag, an einem näheren Ort Getreide aufnehmen konnte, um auch mit einem defekten oder notdürftig reparierten Schiff Staatsgetreide im zeitlichen Rahmen der vertraglichen Regelung transportieren zu können.²⁴ Libys spricht diese Möglichkeit explizit an und setzt zu Recht voraus, dass sie regelmäßig in Anspruch genommen wurde.²⁵ Die vorliegende Urkunde appelliert deshalb offiziell an den König, der wiederum den Strategen namens Diophanes instruieren sollte, die Ausführungen des Libys zu überprüfen und ggfs. den Sitologen²⁶ Euphranor mit der Ausgabe von Staatsgetreide zu beauftragen.²⁷ Diophanes hat also entweder selbst oder durch Gehilfen das Schiff des Libys inspiziert, sich die ursprünglichen Auftragsanweisungen, die genannten ‚Episteln‘, vorlegen lassen und – sofern Libys wahrheitsgemäße Angaben gemacht hatte – den Sitologen Euphranor mit der Ausgabe von Staatsgetreide beauftragt.

es etwa das in dem berühmten Torlonia-Relief verewigte Schiff aufweist; vgl. für eine Abbildung: Bockius (2007), S. 84. Abb. 92; Hägermann / Schneider (1997), S. 253, Abb. 102. Allerdings ist es doch sehr zweifelhaft, ob ein solches Segel im Binnenbereich im ptolemäischen Ägypten anzunehmen ist. Eine irrtümliche Verwendung des Plurals in Z. 7 ist auszuschließen, da der Text mit einer Ausnahme in Z. 3 (πονέσαι = πονήσαι) keinerlei orthographische oder grammatikalische Unzulänglichkeiten aufweist; in Z. 13 u. 19 hat der Schreiber sogar gezielt Verbesserungen vorgenommen. Es ist aber auch zu bedenken, dass der Plural hier als Singular aufzufassen ist, da ἰστίον häufig in der Pluralform ἰστία verwendet wird.

17 Thompson (2012), S. 752.

18 Z. 7f.

19 Z. 10f.

20 Z. 16f.

21 Allgemein kann man die Artabe (konservativ geschätzt) mit ca. 30 l beziffern, wobei es unterschiedliche Artabengrößen gegeben hat; vgl. Rupprecht (2005), S. 31; Drexhage (1991), S. 10f.

22 Vgl. Thompson (2012), S. 752 (mit Vergleichsbeispielen): „... was actually of moderat, even standard size, ...“

23 Z. 6.

24 Vgl. Hengstl (1978), S. 336.

25 ἐθισμοῦ ὄντος; Z. 9 (vgl. z.B. Anm. 27).

26 Ein Sitologe kontrollierte staatliche θησαυροί, also Speicherbauten, an die Naturalabgaben wie Getreide zu zahlen waren; vgl. Rupprecht (2005), S. 73.

27 προστάζει Διοφάνει τῷ στρατηγῷ ἐπισκέψασθαι περὶ τούτων καί, ἐὰν ἦι ἡ γράφω ἀληθῆ, συντάξει Εὐφράνורי τῷ σιτολόγῳ / τῆς κάτω μερίδος γεμίσαι τὸ πλοῖον ἐπὶ ταῖς προυπαρχούσαις ἐπιστολαῖς ἐκ τῶν καθ' αὐτὸν τόπων τὴν ταχίστην; Z. 12–14.

Dieser spannende Verwaltungsakt kann anhand der vorliegenden Urkunde studiert und die Intentionen des ptolemäischen Staates, dem es gewiss eher um eine Sicherstellung des Getreidetransportes²⁸ und weniger um eine Sicherheit der ökonomischen Interessen der Schiffspediteure bzw. der Schiffseigner²⁹ ging, diskutiert werden. Allerdings soll es hier gar nicht weiter um ptolemäische Wirtschafts- und Verwaltungsgeschichte gehen, sondern der Inhalt der Z. 3–7 und ihr universalhistorischer Wert für Probleme in der antiken Binnenschifffahrt sollen als ‚Aufhänger‘ für das Thema dieses Aufsatzes dienen.

Es soll hier um die theoretische Möglichkeit gehen, sich mittels experimentalarchäologischer Forschung, moderner Messtechnik und geschichtswissenschaftlicher Quantifizierungsmöglichkeiten einem Spezialthema des antiken Binnentransportes anzunähern. Die Effizienz des Transports über Binnenwasserwege soll beleuchtet werden, wobei insbesondere die Bergfahrt auf Flüssen, also das Bewegen gegen die Flussrichtung, zu untersuchen ist. Dieses Thema entstammt einem Bereich des antiken Alltags- und Wirtschaftslebens, der in allen Regionen und zu allen Zeiten (auch über die Antike hinaus) große Bedeutung gehabt haben muss. Die Allgegenwart von Problemen, die im Binnenschifffahrtsverkehr auftreten konnten, dokumentiert indirekt die Eingabe des Libys: Beschädigungen an Schiffen und die dadurch eintretende Verkleinerung des Bewegungsradius müssen häufige Probleme gewesen sein und wurden vom ptolemäischen Staat dementsprechend als Grund für eine Inanspruchnahme des skizzierten staatlichen Entgegenkommens akzeptiert. Andernfalls wäre die erhaltene Urkunde gegenstandslos und sicher erst gar nicht aufgesetzt worden. Das Problem, das Libys und seine Mannschaft ereilt hat, war gewiss kein Einzelfall. Obwohl hier also ein in der Antike weitverbreitetes Thema des Transportwesens und des ökonomischen Handels zu erkennen ist, bieten die schriftlichen Quellen über den Ablauf, die Organisation und erst recht über die Effizienz des Transportes auf Binnenwasserwegen, insbesondere über das Treideln, kaum Informationen. Es gilt deshalb, unterschiedliche Quellengattungen zu befragen sowie experimentalarchäologische Informationen heranzuziehen. Dadurch können, trotz des Schweigens der Schriftquellen, plausible und detailreiche Einblicke in den Wirtschaftsverkehr erarbeitet und den antiken Gegebenheiten angepasste Modellrechnungen simuliert werden.

1. Menschen oder Tiere?

In der Neuzeit wurden Tiere als ‚Schlepper‘ von Flussfahrzeugen vermehrt eingesetzt. Für die Antike ist dies nur sehr vereinzelt nachgewiesen. Horaz bemerkt beiläufig im Zuge einer Reiseschilderung, dass man Binnenwasserfahrzeuge in den Pontinischen Sümpfen in Italien durch Maultiere schleppen ließ.³⁰ In seiner Darstellung der Gotenkriege erwähnt Prokop die Zugochsen, die neben den Lastkähnen bereitstanden, um diese nach Rom zu schleppen.³¹ Interessant ist, dass Prokop es als notwendig ansieht, ausdrücklich zu erläutern, warum ein Fahren unter Segeln tiberaufwärts nicht möglich gewesen sei: „denn da der Fluss stark gewunden ist und keineswegs gerade läuft, kann man den Wind für die Fahrzeuge nicht ausnützen.“³² Die explizite Betonung ist bemerkenswert, vielleicht erklärt sie sich dadurch, dass dem spätantiken Leser das Segeln gegen die Fließrichtung des Flusses eigentlich allgemein bekannt und der zahlreiche Einsatz von Zugtieren eher absonderlich vorgekommen sein könnte.³³ In der

28 Libys betont dies in Z. 10f.: καὶ διαφορά τῇ καταγωγῇ τοῦ σίτου / γίνηται.

29 Vgl. Z. 1.

30 Hor. sat. 1,5,11ff.; Hägermann / Schneider (1997), S. 260.

31 Prok. Goth. 5,26; zur Horaz- und Prokop-Stelle vgl. Schneider (1992), S. 150f.; Schneider (2012), S. 81.

32 Prok. Goth. 5,26.

33 Ikonographische Quellen, so etwa eine Reliefszene auf der Rückseite einer Tiberstatue aus Rom, belegen, dass auch am Tiber mit menschlichen Treidelkräften gearbeitet wurde; vgl. Baltzer (1983), S. 73 (mit der Literatur in Anm. 310); die Szene entspricht nach Baltzer weitestgehend der oft abgelichteten Treidelszene aus Cabrières d’Aigues (= Baltzer [1983],

Tat lassen sich Hinweise auf Tiereinsätze zu Treidelzwecken in den Quellen – abgesehen von Horaz und Prokop – nicht nachweisen. In den ikonographischen Quellen werden Männer dargestellt, die am Treidelseil Flussfahrzeuge schleppen.³⁴ Literarische Evidenz wie etwa die weiter unten noch zu behandelnden Aussagen des Ausonius bestätigen die Bildquellen.³⁵ Für Ägypten nennt im 5. Jh. v. Chr. auch Herodot das Treideln durch menschlichen Arbeitseinsatz. Er berichtet, dass ab Elephantine der Nilstrom steil ansteigen würde, weshalb man hier treideln müsste: Der Strom soll so stark sein, dass ein Schiff von beiden Seiten des Ufers aus mit Seilen gezogen werden müsste und es, sollten die Seile reißen, hinweggespült würde.³⁶ Dass man bis in die Thebais segeln konnte, dokumentiert – neben zahlreichen weiteren Papyri – die Eingabe des Libys; der herodoteische Text, der erst ab Elephantine eine Notwendigkeit zu Treideln anführt, stützt dies indirekt. In einer späteren Stelle kommt Herodot nochmals auf das Treideln zu sprechen und expliziert, dass das Treideln nur dann unterlassen werden könnte, wenn starker Wind aufkomme.³⁷

Auch verschiedene bildliche Quellen aus Ägypten dokumentieren das Treideln durch menschlichen Einsatz. Aus der Zeit der 18. Dynastie (1539–1292 v. Chr.) sind zwei Wandmalereiszenen aus dem Grab des berühmten Beamten Sennefer erhalten, die getreidelte Schiffe auf einer Pilgerfahrt nach Abydos zeigen.³⁸ Felsenbilder aus Nubien, auch wenn sie stark abstrahierend sind, zeigen ebenfalls das Schleppen von Schiffen.³⁹

Warum aber hat man in der Antike lieber Menschen statt Tiere eingesetzt? Ein wichtiges Argument waren zweifellos die relativ niedrigen Personalkosten (s.u.) und im Kontrast dazu die hohen Kosten für Tiere, die man teuer kaufen oder pachten musste.⁴⁰ Bezeichnend ist die Information, die aus einer Abrechnung des Zenon-Archivs zu gewinnen ist:⁴¹ Für den Transport einer Holzladung werden vier Lasttiere und zwei Tierführer engagiert, die 3 Drachmen und 4 Obolen für die Beförderung der Güter zum Fluss erhalten. Die Arbeitsdauer beträgt zwei Tage und für das Beladen des Schiffes werden zusätzlich 2 Obolen gezahlt. Auf dem Fluss muss die Ladung getreidelt werden, wofür 1 Drachme für vier Schlepper ausgegeben wird. Zweifellos war der Weg zum Fluss kürzer als die Beförderung über den Binnenwasserweg. Der drastische Kostenunterschied zwischen menschlicher und tierischer Arbeitskraft wird sehr deutlich. Außerdem ist zu bedenken, dass durch den Einsatz von Tieren die Personalkosten nur teilweise gesenkt werden. Die Tiere mussten natürlich versorgt und geführt werden. Zudem benötigen die Tiere deutlich mehr ‚Reiseproviant‘. Horaz klagt in der eben zitierten Stelle über den Bootsmann, der ein Maultier grasen lässt, anstatt weiterzufahren. Vielleicht liegt hier ein falsches Verständnis der Situation oder ein bewusstes Verdrehen selbiger vor. Denn Zugtiere brauchten natürlich auch Erholungspausen und mussten Futter zu sich nehmen. Zweifellos gilt dies natürlich auch für menschliche Treidler, allerdings war eine Energiezufuhr für diese sicher einfacher zu organisieren. Wer nicht, wie der Bootsführer

S. 143, Abb. 111).

34 Vgl. für Beispiele aus Avignon, Igel und Trier: Baltzer (1983), S. 72f. u. S. 142, Abb. 110f.; Arnold (1992), S. 84; Hägermann / Schneider (1997), S. 258, Abb. 112f.; Kloft (2006), S. 51; Deru (2010), S. 102. Manche Reliefdarstellungen von Schiffen zeigen nicht direkt den Treidelvorgang, aber ein niedriger Mast, der für die Anbringung von Schleppseilen gedacht sein könnte, wird dargestellt; so etwa bei der Schiffsdarstellung des Blussus-Steins; vgl. Baatz (1982), S. 114.

35 Als Belege können auch frühmittelalterliche Quellen herangezogen werden; vgl. Volk (1998), S. 444f.

36 Hdt. 2,29.

37 Hdt. 2,96; vgl. zu den beiden Herodot-Stellen: Göttlicher (2006), S. 27; Vinson (1998), S. 155f.

38 Göttlicher (2006), S. 27; vgl. zum Treideln im Alten Ägypten: Düring (1995), S. 162f.

39 Vgl. Göttlicher (2006), S. 136 (mit drei Bildbeispielen).

40 Die verfügbaren Daten zu Lohnhöhen und Tierkosten gründen sich aufgrund der Überlieferungssituation vornehmlich auf die aus ägyptischen Papyri zu gewinnenden Informationen; vgl. Drexhage (1991), S. 280ff. u. 402ff. Zu bedenken ist auch, dass das Treideln für Ochsen und Pferden eine sehr einseitige Belastung darstellt und die Tiere dadurch für andere Arbeiten unbrauchbar werden können; vgl. Sauerbrei (1991), S. 70.

41 SB 26/16504 = PSI 5/545 (257 v. Chr.); vgl. Vinson (1998), S. 156.

in der Schilderung des Horaz, in Ufernähe frei verfügbare Futterstellen antraf, musste auch Gras oder Spreu für die Zugtiere mitführen.

In der Neuzeit wurden gelegentlich Tiere auf Flussfahrzeugen talwärts mitgeführt, um sie anschließend als Treidelkräfte während der Rückfahrt einzuspannen.⁴² Für die Antike ist dies, soweit ich sehe, nicht bezeugt.⁴³ Der Platzverlust an Bord, der durch die Tiere sowie ggfs. durch das Futter zu beklagen gewesen wäre, lässt diese Praxis nicht sonderlich effizient erscheinen. Gegen den Einsatz von Tieren sprechen folglich die Kosten in Anschaffung oder Pacht sowie für das Futter, die Erschwernis in der Organisation aufgrund der Futterbereitstellung und der Verlust von Ladekapazität; und die Personalkosten werden, wie gesagt, durch den Tiereinsatz auch nicht drastisch gesenkt. Will man die Tiere nicht bereits auf einer Fahrt talwärts mitführen, muss man sich für die Bergfahrt auch stets mit der lokalen Verfügbarkeit von Tieren befassen: Hier entstehen folglich auch Aufwand und Kosten, denn die Suche nach freien Tieren und das Aushandeln von Pacht- oder Kaufbeträgen muss abgewickelt und auch der weitere Verbleib am Zielort organisiert werden. Auch aus diesem Grund ist die Verwendung von Lasttieren eher ungünstig, sie erhöht Aufwand und Kosten enorm.

Schließlich muss auch noch auf die Praktikabilität des Tiereinsatzes im Zusammenhang mit der infrastrukturellen Beschaffenheit der Flussufer hingewiesen werden. Waren die Uferbereiche durch Bäume, Sträucher, Gegenverkehr oder vielleicht Hochwasser teilweise blockiert, kam der Einsatz von Tieren sofort ins Stocken. Während ein Mensch, der ein Seil führt, solche Hindernisse durchaus schnell meistern kann (s.u.), war dies für Tiere nicht ohne Zeitverlust möglich; auch ein ‚Überschlag‘, das Wechseln der Uferseite, war mit Tieren deutlich schwieriger und zeitintensiver.

Aus all dem folgt, dass in der Antike in erster Linie Menschen die Treidelarbeit, über die Libys klagt (μόγις), geleistet haben. Es stellen sich nun weitere Fragen: Wie aufwendig war der körperliche Einsatz? Sind verlässliche Aussagen über Tagesentfernungen, die ein Mensch im Treideleinsatz leisten konnte, möglich? Lassen sich annäherungsweise Erkenntnisse über die Kosten des Treidelns und allgemein der Binnenschifffahrt erschließen? Wie viel Personal benötigt man und war dieses immer verfügbar? Keine antike Quelle kann diese Fragen beantworten. Allerdings lassen sich durch einen experimentalarchäologischen Zugriff neue Informationen generieren.

2. Ein Trierer Forschungsprojekt: Prahmtests auf der Mosel

Ein sehr weit verbreitetes Flussfahrzeug römischer, aber auch vor- und nachrömischer⁴⁴ Zeit war ein sogenannter Prahm,⁴⁵ ein Flachbodenfahrzeug ohne Kiel und Schwert und mit relativ niedriger Bordhöhe

42 Vgl. für Quellenbeispiele Volk (1998), S. 443ff.; Meyer (2003); ferner auch Hägermann / Schneider (1997), S. 477. Herodot nennt etwas Ähnliches für den Alten Orient: Auf Schiffen seien Esel mit nach Babylon transportiert worden. Dann hätte man die Schiffe auseinandergebaut und die Bauglieder auf den Lasttieren wieder nach Hause transportiert.

43 In sog. Speditionsverträgen, die papyrologisch überliefert sind, werden ausführlich und minutiös vertragliche Regelungen zwischen einem Schiffer und einem Auftraggeber festgehalten. Ein möglicher Tiereinsatz wird dabei nicht erwähnt; vgl. z.B. P.Oxy.Hels. 37 (176 n. Chr.); P.Lond. 3/948 (236 n. Chr.) (s.u. Anm. 146); zu solchen Verträgen vgl. Meyer-Termeer (1978), S. 171ff. Wäre das Treideln talauf mit Tieren üblich gewesen, wären in den Verträgen entsprechende Informationen zu erwarten.

44 Vgl. z.B. den Prahmfund in Haithabu: Brandt / Kühn (2004). Die umfassendste Zusammenstellung und Studie zu den antiken Prahmfunden hat Bockius (2002) vorgelegt.

45 Der Terminus ‚Prahm‘ ist slawischen Ursprungs und wurde ab dem 14. Jahrhundert (aus čech. ‚prám‘) ins Mittelhochdeutsche zu ‚prâm‘ entlehnt; vgl. Lexer (1992), S. 189; Kluge (2002), S. 717; Schmidhuber-Aspöck (2018), S. 229;

sowie recht geringem Tiefgang.⁴⁶ Wrackfunde römischer Zeit liegen u.a. aus Lyon, Mainz, Pommeroeul, Woerden, Xanten oder Zwammerdam sowie aus Slowenien vor.⁴⁷ Prahme verfügten in der Regel über einen Mast, an dem Segel oder Treidelseile angebracht werden konnten; er befand sich zumeist im Vorschiffsbereich.⁴⁸

Der getestete Prahm (Abb. 1–2) ist ein Nachbau eines Originalwracks aus Bevaix / Neuchâtel in der Schweiz.⁴⁹ Zu datieren ist der Prahm mittels dendrochronologischer Daten: Für den Bau wurde Holz verwendet, das von 182 n. Chr. gefällten Eichen stammt.⁵⁰ Der Prahm ist in Kraweelbauweise konstruiert, d.h. die Planken werden passgenau übereinandergesetzt und durch Nägel fixiert;⁵¹ sie überlappen nicht.⁵² Eine solche Konstruktion ist bei Frachtfahrzeugen, die fast immer im Wasser und im Einsatz sind, funktional; würde der Prahm regelmäßig für längere Zeit auf dem Trockenen liegen, wäre die Dichte der Konstruktion nicht mehr gegeben.⁵³ Die moderne Rekonstruktion des Prahmes, die auf den von Arnold 1992 vorgelegten Befunden und Plänen basiert sowie unter Anleitung von Roland Bockius ausgeführt wurde, erfolgte im Maßstab 1:2. Der Nachbau ist 10 m lang und 1,7 m breit.

Bockius (2007), S. 95. Aufgrund der Bug- und Heckform hat Höckmann (1985), S. 140 die Bezeichnung ‚Rampenkahn‘ verwendet. Diese hat sich allerdings ebenso wenig etabliert wie der Versuch, das lateinische *caudicaria* od. *codicaria* als antikes Pendant zu Prahm aufzufassen; vgl. Schmidhuber-Aspöck (2018), S. 229; Böcking (1996); Boppert (1994); Höckmann (1985), S. 142. Caesar sprach Binnenschiffe im gallischen Raum als *pontones* an (Caes. civ. 3,29,3). Den Terminus kennt, neben zahlreichen weiteren, auch Isidor von Sevilla noch als Bezeichnung für Flussschiffe (Isid. orig. 19,1,23–27).

46 Vgl. für Daten zu Tiefgang und Verdrängungsrate gut erhaltener Prahme: Bockius (2004), S. 143; vgl. Schmidhuber-Aspöck (2018), S. 230. Die antiken Fahrzeuge sind sehr gut mit Kaffenkähnen späterer Jahrhunderte vergleichbar; vgl. Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 76; zu den Kaffenkähnen vgl. Sohn (2016).

47 Vgl. allgemein: Bockius (2004); Mees / Pferdehirt (2002), S. 24ff.; de Weerd (2001); Bechert (2007), S. 66, Abb. 45; Jaschke (2009), S. 200f.; Ferdière (2011), S. 91, Abb. 66; Schmidhuber-Aspöck (2018); Zimmer (2018), S. 161; zu dem Fund aus Slowenien vgl. Gaspari (1998). In Museen werden vielfach schöne Kleinmodelle von Prahmfahrzeugen ausgestellt, die einen guten Eindruck vermitteln: neben Mainz z.B. in Passau oder Duisburg; Höckmann (2004), S. 266f., Abb. 223; Niemeier (2014), S. 49, Abb. 47; Ruppiniè (2018), S. 417, Abb. 5. Bemerkenswert ist, dass mehrfach mehrere Prahmwracks zusammen gefunden wurden. Dies spricht nach Bockius „für eine hohe lokale Verkehrsfrequenz, deren materielle Rückstände einem Schiffsfriedhof überlassen oder gar, wie für die topographische Situation in Mainz, Woerden und Zwammerdam zu erwägen, zur Stabilisierung künstlicher Uferbebauung herangezogen wurden.“ (Bockius [2004], S. 140f.). Die weite Verbreitung und Verfügbarkeit solcher Fahrzeuge wird durch die Archäologie sehr gut aufgezeigt.

48 Er ist nach den ikonographischen Darstellungen anderer Schiffstypen und den positiv archäologischen Funden meistens im ersten Drittel der Schiffslänge angebracht; vgl. zum Mast: Bockius (2004), S. 130 u. 132.

49 Grundlegend zu dem archäologischen Befund und der Konstruktion des Prahms: Arnold (1992); vgl. auch Meyr (2003), S. 64 (mit einer guten Rekonstruktionszeichnung) sowie Höckmann (1985), S. 137, Abb. 112 (mit einer Abbildung eines Kleinmodells).

50 Arnold (1992), S. 34.

51 Arnold (1992), S. 62ff.; Bockius (2000), S. 441ff.

52 Schmidhuber-Aspöck (2018), S. 232.

53 Im Rahmen der Projektarbeit wurde der Prahm mehrmals kalfatert. Dies ist eine langwierige und mühevoll Arbeit, die selbst bei einem verhältnismäßig kleinen Fahrzeug einige Arbeitstage umfasst; nach mehreren Jahren im Einsatz wird das Kalfatern des im Trockenen liegenden Prahms zudem immer arbeitsintensiver. Diese Erfahrungswerte haben zweifellos auch die antiken Menschen gemacht. Mit einer Klinkerbauweise, die bei Prahmfahrzeugen ebenfalls nachgewiesen ist, wäre eine Dichte bei Trockenlegung längere Zeit gegeben und der entstehende Aufwand des Kalfaterns geringer. Dies spricht dafür, dass der Prahm von Bevaix nur sehr selten aus dem Wasser kam. Es ist auch zu bedenken, dass in der Antike teilweise mit anderen Materialien kalfatert wurde, etwa mit Wachs und Pech (vgl. Reinard [2019], S. 234f.) oder mit Moos (vgl. Schmidhuber-Aspöck [2018], S. 235), während in der Projektarbeit modernes Kalfat und Hanftau genutzt wurde. Man muss davon ausgehen, dass der Arbeitsaufwand in der Antike deshalb noch größer gewesen sein könnte; zum Kalfatern aus schiffsarchäologischer Perspektive: Bockius (2002). Verfälschenden Einsatz auf die Fahreigenschaften hat der Einsatz ‚modernen‘ Kalfatmaterials nicht. Ein Prahm war zweifellos – wie Bockius (2007), S. 95 sehr zutreffend schreibt – ein „Allroundfahrzeug“, der neben seiner Bestimmung als Lastfrachtschiff auch als Fähre für Personen und Tiere oder als ‚Arbeitsplattform‘ im Fluss dienen konnte; vgl. Schmidhuber-Aspöck (2018), S. 234. Er war sicherlich zu jeder Jahreszeit nutzbar.

Dieser Nachbau konnte seit 2015 auf der Mosel zwischen Trier und Konz (Abb. 9) im Rahmen eines Forschungsprojektes unter der Leitung von Christoph Schäfer getestet werden.⁵⁴ An dem Mast wurden ein sog. magnetischer Drehgeber, ein Winkelsensor, und ein Zug-Druck-Kraftaufnehmer angebracht (Abb. 3). An diesem war das Treidelseil befestigt. Außerdem wurde der Prahm mit einem Messsystem zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs sowie der Windgeschwindigkeit und einem GPS ausgestattet (Abb. 4b). Durch die Kombination dieser Messsysteme bzw. der durch sie generierten Daten war es möglich, die versetzungsbereinigte Geschwindigkeit des Prahmes, also die Geschwindigkeit des Fahrzeugs über Grund gegen die und mit der Flussrichtung, zu bestimmen.⁵⁵ Nur wenn die durch Wind und Flussströmung erzeugte Drift berücksichtigt wird, ist es möglich, genaue aussagekräftige Daten zu errechnen.⁵⁶ Datenermittlungen erfolgten während der Testfahrten dreimal pro Sekunde.⁵⁷ Außerdem wurde der Prahm zur Gänze vermessen, um mittels dieser Messdaten ein digitales Modell zu erstellen, das für Simulationen hinsichtlich des Verhaltens des Fahrzeugs im Wasser nützlich ist.⁵⁸

Für die Testfahrten wurden Wasserknister (1200 kg) aufgeladen und dadurch – inklusive des Gewichts der Personen auf dem Fahrzeug sowie der Messgeräte und des Fahrzeugs selbst – ein Gewicht von ca. 1500 kg erreicht. Der Prahm hat im nicht bewegten Zustand dabei ca. 20 cm Freibord und war auch in Bewegung gefahrlos zu manövrieren. Allerdings – und hier wird ein Unterschied zur Antike schnell ersichtlich – waren die durch vorbeifahrende Schubverbände erzeugten Wellen für den so beladenen Prahm gefährlich.⁵⁹ Da es diese in der Antike nicht gegeben hat, darf man festhalten, dass das für die Testfahrten eingesetzte Gewicht auch für die römische Zeit für ein Prahmfahrzeug dieser Größe eine problemlos machbare Traglast gewesen sein muss.

Zur Methodik des historisch-archäologischen Experiments seien grundsätzlich noch zwei Voraussetzungen artikuliert: Tests und Experimente müssen immer unter Fokussierung auf zugrundeliegende Fragestellungen, die oben expliziert wurden, erfolgen. Es geht nicht darum, ob etwas funktioniert, sondern wie effizient und arbeitsintensiv es gewesen ist. Dabei muss das Experiment so konzipiert werden, dass klare Messungen möglich sind, deren Zustandekommen nachvollziehbar ist. Ohne exakte, durch Wiederholung überprüfbare Messdaten bleibt ein historisch-archäologisches Experiment wertlos. Außerdem müssen ermittelte Daten immer anhand unserer historischen Quellen kontextualisiert und kritisiert werden. Unterschiede zwischen Vergangenheit und Gegenwart müssen immerzu kontrastiert werden und die die Daten beeinflussenden und verfälschenden Einflüsse transparent benannt werden (s.u.).

2.1 Treideln

Die Treideltests⁶⁰ haben gezeigt, dass eine Geschwindigkeit von 1,74 kn (= 3,24 km/h) eine angenehme und auch über mehrere Stunden durchaus machbare Leistung ist.⁶¹ Um diese Geschwindigkeit aufrechtzuhalten, muss die treidelnde Person durchschnittlich ca. 10–11 kg Zugkraft aufwenden.

54 Vgl. Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017); Dünchem (2019).

55 Vgl. Döpke (2016), S. 10; Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017); vgl. zu manchen der Messinstrumente auch Günther / Wawrzyn (2016); Günther / Wawrzyn (2008); Schäfer (2008), S. 111ff. (Anhang v. H. M. Günther / A. C. Wawrzyn).

56 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 79f.

57 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 80.

58 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 80.

59 Döpke (2016), S. 11.

60 Das Wort ‚treideln‘ geht zurück auf lat. *tragulare*, das von *tragula* („Schleppnetz“) abstammt; vgl. Kluge (2002), S. 928; Georges II 3172; Sauerbrei (1991), S. 65.

61 Döpke (2016), S. 11; Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 80.

Das Anziehen des bewegungslosen Prahms erfordert einen deutlich höheren Kraftaufwand. Hierzu waren bis zu 36,7 kg Zugkraft notwendig. Dabei wird der Prahm gegen die Flussrichtung angezogen, also bereits in die Richtung, in die er auch bewegt werden soll. Ein Anziehen talwärts und anschließendes Wenden des Fahrzeugs würden keine Kraftersparnis erbringen. Wichtig ist, dass die höhere Zugkraft von bis zu 36,7 kg nur in einer sehr kurzen Belastungsphase zu leisten ist; nach wenigen Sekunden bzw. Schritten ist eine Reduzierung der Zugkraft auf ca. 20 kg festzustellen; zu bemerken ist hierbei auch, dass der anfängliche Kraftaufwand von der Seillänge und dem Zugwinkel abhängt. Mit einem längeren Seil (15 m od. 20 m) und einem spitzeren Winkel lässt sich die Anzugskraftaufwendung in der Spitze auf ca. 23,8 kg reduzieren, wobei dann der Geschwindigkeitsanstieg natürlich langsamer ist.

Einfluss auf den Kraftaufwand und damit auf die Effizienz haben auch die Seillänge, der Abstand zwischen Prahm und Ufer, die Höhenfixierung des Seils am Mast sowie die Winkelposition zwischen dem Fahrzeug und der Person am Treidelseil. Mit einem Seil von 15 m Länge konnte die Geschwindigkeit von 1,8 kn nach nur 24,26 m erreicht werden.⁶² Der anfänglich höhere Kraftaufwand verringerte sich bereits nach wenigen Metern; nach 10,6 m waren bereits 1,5 kn erreicht. Verwendet man ein längeres Seil von 20 m dann wird die Geschwindigkeit von 1,8 kn bei 30,3 m erreicht. Mit einem kürzeren Seil von 10 m stellen sich die Werte anders dar: Mit höherem Kraftaufwand kann man aus dem Stillstand sehr schnell auf 1 kn beschleunigen, dies konnte im Spitzenwert innerhalb von 10 s erreicht werden. Danach erzeugt die Kürze des Seils aber ein Problem, denn der Winkel zum Schiff ist ungünstig. Eine weitere Steigerung von 1 kn auf die angestrebten 1,8 kn benötigte dann ca. 70 s. Man ist zwar beim Start mit einem Seil von 10 m Länge schneller, doch ist danach der Aufwand für den Treidelnden im Vergleich zum Test mit einem Seil von 15–20 m Länge höher. Dies liegt an der Winkelposition zum Prahm: Ein Treidelnder mit einem 10 m langen Seil befindet sich anfangs ca. in einer 50°-Position, erreicht der Prahm jedoch die Geschwindigkeit von 1,8 kn stumpft der Winkel ab und der Treidelnde befindet sich dauerhaft in einer > 68°-Position. Diese Position verringert die Krafteinwirkung über das Seil auf das Fahrzeug; man könnte auch sagen: der Prahm ist zu schnell, der Treidelnde nicht weit genug vor ihm. Mit einem Seil von 15 m Länge lässt sich bei einer Geschwindigkeit des Prahms von 1,7 bis 1,8 kn dauerhaft eine Position des Treidelnden in > 50° zum Prahm realisieren.

Weitere Überlegungen zum Anziehen des bewegungslosen Prahms sollen hier unterbleiben, da für die Bewertung ökonomischer Effizienz und der Funktionalität die Startphase einer Prahmfahrt weniger wichtig ist. Die langanhaltende Belastung beim Treideln eines in Bewegung befindlichen Prahms ist entscheidender.

In weiteren Testversuchen wurde der Kraftaufwand beim Treideln eines fahrenden Prahms in einer ca. 20°-Position untersucht. Zwar muss hier – je nach Topographie – immer ein ca. 15–20 m langes Seil verwendet werden, dennoch zeigt sich eine klare Reduzierung des Kraftaufwands, ein Fortkommen mit 1,8 kn Geschwindigkeit lässt sich mit ca. 10–11 kg Zugkraft realisieren (Abb. 5).⁶³ Zur Seillänge ist weiterführend zu bemerken, dass ab einer Länge von ca. > 21 m das Eigengewicht des Treidelseiles ein Problem wird. Das Seil hängt durch, was Energieverlust bedeutet.⁶⁴ Außerdem besteht dann die Gefahr,

62 Döpke (2016), S. 12.

63 Döpke (2016), S. 14f.

64 Genau dieser Sachverhalt könnte auch einer Bemerkung des Ausonius zugrunde liegen, der über das Treideln bemerkt: „... ohne daß irgendwo das Schleppseil nachläßt“. [Aus. Mos. 39ff. – nach der Übersetzung von P. Dräger] Es ist allerdings zu problematisieren, dass *cesso* auch „zögern“ oder „säumen“ bedeutet und Ausonius hier mit dem Bild des Treidelseils vielleicht allgemeiner auf den stetigen Fleiß und Einsatz hinweisen könnte, dann wäre der bemühte Bezug zum Durchhängen des Seils eine Überinterpretation; vgl. allgemein zu der Stelle auch Schwinden (2009), S. 112f.; Zimmer (2018), S. 147.

dass das Seil häufig mit dem Fluss oder dem Ufergrund in Kontakt kommt, was ebenfalls nachträglich ist. Größere Effizienz kann man in diesem Fall durch den Einsatz von zwei Personen erreichen, die sich gestaffelt so am Seil positionieren, dass dieses nicht durchhängt.⁶⁵ Dann kann auch ein noch spitzerer Winkel eingenommen, eine Zugkraftreduzierung bei gleichzeitig höherer Durchschnittsgeschwindigkeit ermöglicht werden. Allerdings verdoppelt der Einsatz von Personen keinesfalls die Effizienz; man ist nicht doppelt so schnell. Zudem ist problematisch, dass ein noch spitzerer Winkel aufgrund topographischer Gegebenheiten nicht ohne Weiteres immer möglich gewesen ist. Dies erschwert den Einsatz von mehreren Personen an einem Seil. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, dass zwei Personen, die ein Treidelseil führen, Hindernisse wie Bäume oder dergleichen besser meistern könnten.

Sehr wichtig ist auch das Verhalten des Steuermanns an Bord. Der Abstand zwischen Prahm und Ufer sollte nicht zu groß werden, da dies ansonsten natürlich die Winkelposition verändert. Bei den Testfahrten wurden in der Regel ein Uferabstand von 1–4 m gewahrt (Abb. 5). Der Steuermann sollte den Bug des Prahms immer parallel zum Ufer ausrichten. Steuert er auf das Ufer zu, läuft der Prahm auf Grund, steuert er in Richtung Flussmitte, wird – wie gesagt – der Winkel zu stumpf und die Strömung, die nun zunehmend die Breitseite des Fahrzeugs trifft, reduziert die Effizienz bzw. sorgt für einen starken Anstieg der aufzuwendenden Zugkraft; d.h. der Prahm verliert sofort an Geschwindigkeit.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist die Höhe der Fixierung des Seils am Mast. Ikonographische Quellen präsentieren Seile, die an der Spitze⁶⁶ eines Treidelmastes oder tief am Mast befestigt sind. Ist das Seil und damit der Zugkraftpunkt über dem Fahrzeug befestigt, erhöht sich die Zugkraft, die der Treidelnde aufbringen muss. Allerdings ist dies auch von dem Höhenunterschied zwischen Laufniveau des Treidelnden und Höhe der Wasseroberfläche abhängig. Eine erhöhte Position des Seilschleppers erfordert von ihm höhere Kraftanstrengung. Der Prahm wird dann nicht nur nach vorne, sondern auch leicht nach oben gezogen. Neben der Topographie des Geländes hatte auch die Ladung Einfluss auf die Höhe der Seilfixierung.

Zusammenfassend darf man zu den Treideltests festhalten, dass sich eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 1,7 bis 1,8 kn mit einer durchschnittlichen Zugkraft von ca. 10–11 kg dauerhaft ohne enorme körperliche Beanspruchung von einer Person realisieren lässt. Optimal ist hierfür die Verwendung eines 15–20 m langen Seiles bei einer ca. 20°-Winkelposition zum Prahm. Natürlich, dies sei abschließend zu den Treidlexperimenten auch betont, zog eine Person nicht permanent mit 10–11 kg an dem Seil, sondern phasenweise konnten auch viele Streckenmeter mit deutlich geringerem Kraftaufwand absolviert werden (Abb. 5). Der Treidelnde zog den in Bewegung befindlichen Prahm immer wieder kurz an, gab quasi wiederholt kurze Energieimpulse, die über dem Durchschnittszugkraftwert liegen. Diese körperliche Beanspruchung ist über einen modernen Durchschnittsarbeitstag von acht Stunden zu leisten und man könnte – ohne in der Realität anzunehmende Pausen – innerhalb von acht Stunden ca. 25,9 km (Durchschnittsgeschwindigkeit: 3,24 km/h) absolvieren.⁶⁷ Ein häufiger Wechsel zwischen Steuermann und Treidler zwecks Kräfteschonung ist ebenfalls denkbar. Beides sind keine komplexen Tätigkeiten, weshalb ein Abwechseln möglich ist.

65 Dies wird z.B. in den Sockelreliefs der Igeler Säule dargestellt; vgl. Dragendorff / Krüger (1924).

66 Vgl. Baltzer (1983), S. 142, Abb. 110f.

67 Nicht mit Blick auf den getesteten Prahm, sondern allgemein für große Frachtschiffe, wurde in der Forschung für Treidelantriebe durch Menschenkraft ein allgemeines Tagespensum von 15–20 km als realistisch vorgeschlagen; vgl. Schäfer (2016a), S. 34f.; Schäfer (2016b), S. 238. Diese Schätzung basiert auf komparativ genutzten neuzeitlichen Angaben für die Reisezeit zwischen Köln und Mainz: Im 19. Jahrhundert benötigten beladene Flussschiffe, die von Pferden gezogen wurden, bei günstigem Wasserstand 52 oder bei niedrigem Wasserstand 78 Stunden, was (bei ca. 160–170 km) 2,1–2,2 km/h bzw. 3,1–3,3 km/h als Durchschnittsgeschwindigkeit bedeutet; vgl. Volk (1998), S. 448. Dies bezieht sich nicht auf Fahrzeuge der Größenordnung des getesteten Prahms, sondern auf deutlich größere Schiffe. Die Ableitung, dass das Treideln durch Menschen deutlich langsamer gewesen sein muss und sich auf ca. 15–20 km pro Tag abschätzen lässt, erscheint aufgrund der Erfahrungswerte der absolvierten Testfahrten und der hierbei gewonnenen Daten sehr plausibel.

2.2 Staken

In der Antike war der Einsatz von Stakstangen allgemein bekannt und verbreitet. Zwar schweigt – soweit ich sehe – die schriftliche Überlieferung über Stangen, mittels welcher durch Stoßkraftaufwendung ein Vortrieb erzeugt werden konnte, doch bieten ikonographische Quellen zahlreiche Belege. In Ägypten ist aus der Zeit der 6. Dynastie (2325–2175 v. Chr.) in Sakkara im Grab des Wesirs Kagemni eine Wandmalereiszene erhalten, die in einer Scheingefechtsszene den Einsatz langer Stakstangen deutlich zeigt.⁶⁸ In dem berühmten Nilmosaik aus Palestrina ist das Staken kleiner Flussfahrzeuge ebenfalls verewigt.⁶⁹ Stakstangen sind auch deutlich in Schiffsdarstellungen auf Scherben kaiserzeitlicher Terra Sigillata zu erkennen.⁷⁰ Eine Reliefdarstellung eines Flussschiffs auf einem Weihaltar für die Dea Nehalennia aus Colijnsplaat sowie ein Plinthenrelief aus Rom dokumentieren ebenfalls das Staken.⁷¹ Außerdem spricht der archäologische Erhaltungszustand verschiedener Prahmfunde für den Einsatz von Stakstangen. Die Wracks weisen teilweise einen als Gangbord ausgeweiteten Schandeckel auf, d.h. man konnte auf dem Rand des Prahms sehr gut über die ganze Länge des Fahrzeugs gehen und dabei eine Stakstange zum Abstoßen vom Gewässergrund gut einsetzen.⁷² Man stellt sich an den Bug,⁷³ stößt die Stange auf Grund, erzeugt Vortriebskraft und geht den Gangbord entlang bis zum Heck, um so die Bewegungsenergie optimal und möglichst lange auf den Prahm zu übertragen. Natürlich ist diese Beförderungsart auch abhängig von der Beladung, allerdings erlaubt es die Beschaffenheit eines Prahmfahrzeugs, insbesondere die geringe Bordwandhöhe, nicht, dass Ladegüter über den Schiffskörper herausragen. Das Gehen auf dem Gangbord – und damit auch das Staken – muss immer möglich gewesen sein. Aber wie effizient war der Einsatz einer Stakstange?⁷⁴ Für die Tests wurde ein Messgerät aus zwei ineinandergesteckten Aluminiumröhren, verbunden durch intelligente Klemmringe, entwickelt, die über einen Drucksensor verfügen. Über das innere Aluminiumrohr kann der am Flussgrund aufgebaute Druck ohne Reibungsverlust an den Sensor übermittelt werden.⁷⁵ Ferner wurde in der Mitte des Prahms eine Standfläche / Plattform mit Kraftmesszellen installiert (Abb. 6). Die messbaren Kräfte in der Stakstange und den Messzellen der Plattform wurden über Dehnungsmesstreifen in Spannungsänderungen umgewandelt und mit den sonstigen Bewegungsdaten, die mit dem obengenannten Equipment gewonnen werden können, verrechnet. Hieraus lassen sich genaue Daten über die Kraftaufwendung durch den Einsatz der Stakstange ermitteln. Zwar konnte man durch Staken eine Geschwindigkeit von 1,5 kn bei den Tests mit wenig Übung erreichen,⁷⁶ doch wird sehr schnell deutlich, dass das Treideln deutlich leichter und kraftschonender ist. Man kann festhalten, dass für das Treideln durchschnittlich nur ca. ein Drittel der Kraftaufwendung des Stakens nötig ist.⁷⁷ Weitere allgemeine Gründe sprechen gegen den ausschließlichen Einsatz der Stakstange als Antriebselement: Der Umgang mit der langen Stakstange ist zweifellos schwieriger zu erlernen als das Treideln und gewiss deutlich riskanter. Bei den Testfahrten konnte das ‚Balancieren‘ auf dem Gangbord ausprobiert und geübt werden – auch wenn Messungen vorerst nur auf der Messplattform erfolgen konnten. Hierbei zeigt sich schnell, dass eine längere Fahrt mit Stakantrieb nicht nur kraftaufwendiger, sondern durch die ständige Bewegung auf dem Prahm auch für den Steuermann strapaziöser ist. Auch die Handhabe der Stange unabhängig von dem Druckerzeugen auf Grund kostet Kraft und Energie.

68 Eine gute Abbildung bietet: Wilkinson (2015), Taf. 13.

69 Zum Mosaik vgl. Andreae (2012), S. 70–109.

70 Bockius (2009), S. 75, Abb. 79; Bockius (2008), S. 39, Abb. 3.

71 Bechert (2007), S. 66, Abb. 46; Bockius (2007), S. 90, Abb. 100; Bockius (2008), S. 40, Abb. 4.

72 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 80.

73 Vgl. z.B. die zeichnerische Rekonstruktion in Fasold (2017), S. 57, Abb. 44.

74 Dass man auf dem Rhein auch stromaufwärts staken konnte, haben Testfahrten (allerdings ohne Messdatenermittlung) mit Xantener Nachbauten erwiesen; vgl. Schmidhuber-Aspöck (2018), S. 233 u. 235 mit Abb. 8.

75 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 80.

76 Döpke (2016), S. 15.

77 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 81.

Die Kurzpausen, die sich ein Treidler, der nicht permanent Zugkraft aufbringen muss, gönnen kann, während der Prahm weiter in Bewegung ist, fallen zudem beim Fahren mit Stakantrieb deutlich knapper aus. Daraus folgt, dass die Stakstange wohl seltener eingesetzt wurde, vielleicht war sie zumeist ein Instrument, das in besonderen Situationen (z.B. in Häfen, Gegenverkehr, beim An-/Ablegen oder bei problematischer Ufertopographie) oder bei kleineren Fahrzeugen zum Einsatz kam.

2.3 Paddeln

Der Einsatz von Rudern ist in der Antike bekanntermaßen weitverbreitet gewesen. Für die Binnenwasserwege in Gallien und Germanien ist er neben ikonographischen Quellen⁷⁸ auch durch Ausonius überliefert.⁷⁹ Während der Testfahrten mit dem Prahmnachbau konnte auch diese Bewegungsmöglichkeit ausprobiert werden. Allerdings konnten keine richtigen Ruderriemen verwendet werden, da der Prahm in der Antike keinerlei Vorrichtungen zum Einsatz solcher besessen haben kann; schon allein durch die Zuladung von Transportgütern ist ein richtiges Rudern kaum möglich gewesen.⁸⁰ Denkbar ist der Einsatz von Paddeln, die man auf dem Gangbord nutzen konnte. Sehr schnell wurde dabei aber klar, dass der Kraftaufwand bei einer Fahrt gegen die Fließrichtung der Mosel, selbst mit drei eingespielten Paddlern viel zu hoch war.⁸¹ Es konnte zwar eine Geschwindigkeit von 1 kn erreicht, aber keinesfalls dauerhaft gehalten werden. Aufgrund dieser Erfahrungen darf man ausschließen, dass beladene Prahmfahrzeuge in der Antike gegen die Stromrichtung gepaddelt wurden.⁸² Selbst in den angesprochenen besonderen Situationen, bei denen das Treideln nicht möglich war, stellte das Paddel sicher keine Alternative zur Stakstange dar.⁸³

2.4 Fahren unter Segel

Dass auf Binnenwasserwegen in der Antike auch gesegelt wurde, insbesondere auch gegen die Flussrichtung, wird durch schriftliche Quellen verschiedener Art belegt. Die Eingabe des Libys aus dem Jahr 222 v. Chr. dokumentiert dies.⁸⁴ Bemerkenswert ist auch ein Privatbrief aus Oxyrhynchos aus dem 1. Jh. n. Chr.⁸⁵ In ihm wird einem Adressaten die aktuell günstige Entwicklung des Weinmarktes am Aufenthaltsort der beiden Absender kommuniziert. Da der Adressat gerade Wein an einen anderen Ort befördert, soll er nun, aufgrund der aktuellen Marktentwicklung in Erwägung ziehen, den Wein doch zu

78 Z.B. Höckmann (1985), S. 136f.; Hägermann / Schneider (1997), S. 256f., Abb. 109–111.

79 Aus. Mos. 39ff.; 201ff.

80 Lediglich eine Positionierung eines Ruderers weit vorne im Vorschiff oder unmittelbar vor dem Steuermann wäre bei einer Fahrt mit Ladung theoretisch denkbar, wobei der archäologische Befund hierfür keine Hinweise bietet; vgl. Arnold (1992), S. 96; die Positionierung von Ruderern direkt vor dem Steuermann zeigt etwa der Blussus-Stein aus Mainz sowie ein Relief aus Köln; vgl. Arnold (1992) S. 57 u. 85; Höckmann (1985), S. 136f.

81 Döpke (2016), S. 15.

82 Bei der Reflektion über die ‚Paddel-Erfahrungen‘ während der Tests fühlt man sich an Prokop erinnert, der für die Bergfahrt von beladenen Schiffen auf dem Tiber explizit betont, dass der Antrieb durch Ruder „wegen der andauernden Gegenströmung nicht möglich“ gewesen sei; (Prok. Goth. 5,26); vgl. Schneider (1992), S. 151.

83 Testfahrten (ohne Messdatenermittlung) mit einem Xantener Nachbau ergaben, dass man einen Prahm auf dem Rhein mit Ruderkraft stromaufwärts fahren kann; vgl. Schmidhuber-Aspöck (2018), S. 234.

84 Auch der Reisebericht von Georg Schweinfurth kann komparativ als exemplarische Quelle hierfür herangezogen werden; vgl. das Zitat in Anm. 117.

85 P.Oxy. 14/1672; zu diesem Brief vgl. Reinard (2016), S. 827f.; für eine deutsche Übersetzung vgl. Olsson (1925), Nr. 24.

den Absendern zu bringen. Bei der Entscheidungsfindung sind die Windverhältnisse von entscheidender Bedeutung;⁸⁶ durch Z. 10f.⁸⁷ wird ersichtlich, dass es wohl um eine Bergfahrt gehen würde. Sehr bemerkenswert ist, dass für die Absender des Briefes wohl nur die Fahrt unter Segeln eine Option zu sein scheint. Wäre eine Fahrt mit Treidelantrieb aufgrund schlechter Windverhältnisse vielleicht zu langsam – da man schnell auf die Marktlage reagieren wollte oder zu teuer, da man hierfür Personal benötigt hätte – gewesen? Beide Gründe müssen sich natürlich nicht ausschließen. Ganz eindeutig dokumentiert der Brief die große Bedeutung der Segelschiffahrt im Binnenbereich im antiken Wirtschaftsleben.

Konnte man auch ein Flachbodenfahrzeug wie den Prahm, der kein Kiel und kein Schwert aufweist, segeln? Testfahrten mit dem Nachbau auf der Mosel konnten hier bemerkenswerte Einblicke liefern.⁸⁸ An dem Prahm wurde ein Rahsegelrigg samt einem 16 m² großen Rahsegel aus Leinen installiert (Abb. 4a). Über das Messsystem auf dem Prahm sowie unter Verwendung eines Messsystems auf dem Regattaturm im Trierer Yachthafen Monaise konnten die lokale Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftdruck und Temperatur sowie das zeitgleiche nautische Verhalten des Fahrzeugs erfasst werden (Abb. 9).⁸⁹ Bei den ersten Segelfahrten wurde eine Kentersicherung, bestehend aus zwei großen Tonnenkanistern, die mittels einer seitlich angebrachten Stützvorrichtung den Prahm flankierten, verwendet (Abb. 7). Sehr schnell konnte darauf jedoch verzichtet werden, da auch ohne Kiel und Schwert die Gefahr eines Kenterns des Prahms bei der Fahrt unter Segeln, sowohl moselaufwärts wie -abwärts, unbegründet war. Besonders bemerkenswert ist, dass nicht nur eine Fahrt vor dem Wind, sondern auch bei halbem Wind⁹⁰ für den Prahm problemlos möglich war (Abb. 8). Die Abdrift durch den einfallenden mittigen Wind war relativ gering. Zudem fungiert die schroffe eckige Fahrzeugrumpfkante von Seitenwand und Flachboden bei einer leichten Kränkung wie ein Schwert, wodurch ein deutlicher Stabilisierungseffekt erzeugt wird.⁹¹ Durch die Kränkung senkt sich die Seitenkante in den Fluss und wird zum tiefsten Punkt des Fahrzeugs unter Wasser. Während der Testfahrten zeigte sich, dass der Prahm bis zu einer Windstärke von 4 Beaufort⁹² problemlos mit Windkraft gefahren werden kann. Als Höchstgeschwindigkeit konnten 5,7 kn, auf Raumschotkurs erzielt, gemessen werden.⁹³ Weitere Tests sowie die Abschlusspublikation des Forschungsprojektes stehen noch aus. Schon jetzt darf man aber sagen, dass das Segeln mit einem römischen Prahmfahrzeug in Binnengewässern sehr praktikabel und der Prahm auch unter Halbwind ohne Risiko und mit großer Effizienz zu manövrieren ist.⁹⁴ Zudem zeigte sich, dass ein Prahm in den Größendimensionen des Nachbaus mit zwei Personen gesegelt werden kann.

Nicht getestet werden konnte die Kombination aus Treideln und Segeleinsatz. Für die Nachantike ist diese überliefert⁹⁵ und man darf sicher annehmen, dass sie auch in der Antike betrieben wurde. Die technischen Voraussetzungen hierfür waren gegeben. Bei dem getesteten Nachbau ist aber zu bemerken, dass die durch Segelkraft erreichte Geschwindigkeit ein zeitgleiches Treideln unnötig und teilweise auch unmöglich gemacht hat. Eventuell war eine Kombination beider Antriebsmöglichkeiten nur bei besonders großen Flussfahrzeugen zweckdienlich.

86 Vgl. Z. 14–16: ἐπιγνοῦς / [οὔ]ν τὸν παρὰ σοὶ ἀέρα ἱκανὸς ἔσθι / περὶ πάντων.

87 ἀνενέγκαι τὸ ὄλον / [ῆ] μέρος εἰς τὴν πόλιν (= Oxyrhynchus).

88 Vgl. grundlegend: Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 81–83.

89 Vgl. Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 82.

90 Zum Verständnis des nautischen Fachbegriffs ‚halber Wind‘ vgl. Overschmidt / Gliewe (2015), S. 38f.

91 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 82; vgl. Arnold (1992), S. 98.

92 Zur Beaufort-Skala vgl. Overschmidt / Gliewe (2015), S. 100f.

93 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 83.

94 Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017), S. 83.

95 Als Beleg sei etwa auf eine Bildquelle verwiesen: In der Trierer Stadtansicht in der *Cosmographia* von Sebastian Münster aus dem Jahr 1548 ist auf dem Westufer der Mosel ein großer Lastkahn mit Rahsegel zu sehen, der zusätzlich von drei Tieren gegen die Fließrichtung geschleppt wird; vgl. für eine gute Abbildung: Clemens / Clemens (2007), S. 117.

2.5 Experimentalarchäologische Ergebnisse: Kritik und Falsifizierung

Natürlich müssen die Ergebnisse der Testfahrten kritisch bedachtet und umsichtig mit den Quellen, auch wenn diese nur sehr wenige indirekte Informationen zu der Effizienz der Binnenschifffahrt bieten, abgeglichen werden. Nur nach einer kritischen Plausibilitätsprüfung darf den experimentalarchäologisch ermittelten Daten ein ‚Quellenwert‘ attestiert werden. Was könnte die Daten also verfälschen und eine Unterschiedlichkeit zur antiken Realität bewirken? Der Nachbau des Prahms – angeregt und begleitet durch Roland Bockius – ist als authentisch anzusehen, gleichwohl die Maßstabreduzierung zu beachten ist. Die Nutzung eines verkleinerten Fahrzeugs für die Testfahrten hat aber nicht zur Folge, dass die ermittelten Daten zu kritisieren wären. Prahmfahrzeuge sind in ganz unterschiedlichen Größen archäologisch bezeugt. Wir können die ermittelten Daten also nicht für den *einen* Prahm aus Bevaix / Neuchâtel absolut setzen, dürfen aber berechtigt annehmen, dass Fahrzeuge gleicher Bauart, gleicher Form und gleicher Größe wie der Nachbau mit sehr großer Wahrscheinlichkeit existierten: Die Messdaten spiegeln die Fahreigenschaften eines 10 m langen und 1,7 m breiten antiken Prahms.

Hinsichtlich des experimentellen Erforschens der Segeleigenschaften ist zu sagen, dass natürlich das Material des Rahsegels nicht zweifelsfrei zu bestimmen ist. Rahsegel mussten nicht unbedingt aus Leinenstoff angefertigt sein; überliefert ist für Ägypten z.B. auch der Einsatz von aus Papyrus gefertigten Segeln.⁹⁶ Dennoch ist Leinenstoff das wahrscheinlichste Material und bedenkt man die im Trevererland sehr breit betriebene Textilwirtschaft,⁹⁷ dann darf man wohl sicher davon ausgehen, dass in der Antike auf der Mosel Fahrzeuge mit textilen Segeln fuhren. Die Möglichkeit auf den lokalen Märkten in Trier und Umgebung Segel zu erwerben, war doch mit sehr großer Wahrscheinlichkeit gegeben. Methodisch weniger problematisch ist die Bestimmung der Segelgröße, die auf 16 m² festgelegt wurde. Sie wird durch die Maße des Prahms vorgegeben. Mit welcher Segelfläche dann gefahren wird, hängt natürlich von Wetter oder Ladung ab.

Ebenfalls zu prüfen sind die umweltbedingten Rahmenbedingungen der Tests. Ist die heutige Fließgeschwindigkeit der Mosel mit den antiken Gegebenheiten vergleichbar?⁹⁸ Natürlich kann dies für die Flusspassage zwischen Trier und Konz mit der dortigen Staustufe (Abb. 9) nicht genau beantwortet werden. Generell ist aber anzunehmen, dass die moderne Fließgeschwindigkeit höher ist. Eine Aussage des Ausonius, der zwar von „talab fließenden Wogen“⁹⁹ der Mosel spricht, ist hier von großer Bedeutung: „Wie oft wunderst du dich selbst über deine Gegenströmung im Fluß und glaubst, daß beinahe gesetzmäßig der Lauf säumiger vonstattengeht.“¹⁰⁰ Die Aussage, u.a. geschrieben für ein an der Mosel lebendes treverisches Publikum, das die Beschaffenheit des Flusses sicher gut kannte, zeugt von einer genauen Beobachtung der Fließgeschwindigkeit. Diese war anscheinend nicht besonders hoch. An anderer Stelle spricht Ausonius von einem „Schiffer, der mit dem Einbaumkahn über die Wasserfläche dahinschaukelt“,¹⁰¹ was ebenfalls eine langsame Fließgeschwindigkeit anzudeuten scheint.¹⁰²

96 Hdt. 2,96; die herodoteische Angabe wird durch papyrologische Quellen bestätigt: In P.Cair.Zen. 4/59566 (ca. 250 v. Chr.) wird in einer Liste von Schiffsausrüstung z.B. ein ἱστῖον παπύ[ρι-] genannt. Im keltischen Kulturkreis waren Segel aus Leder gebräuchlich; vgl. Warnecke (2006), S. 463.

97 Z.B. Deru (2010), S. 70; Heinen (2002), S. 148ff.; Schwinden (1989); Drinkwater (1977 / 1978); Baltzer (1983), S. 40–46, 94 u. 121, Abb. 38–40.

98 Generell ist zuzugestehen, dass sich die klimatischen Bedingungen und Voraussetzungen zwischen der römischen Kaiserzeit und der Gegenwart im Mittelmeerraum und in West- und Mitteleuropa kaum verändert haben; vgl. Warnking (2015), S. 126ff. (mit weiterer Literatur); Warnking (2018), S. 33.

99 Aus. Mos. 27f.; Übersetzung P. Dräger.

100 Aus. Mos. 39ff.; Übersetzung n. P. Dräger.

101 Aus. Mos. 197; Übersetzung n. P. Dräger.

102 Es sei auf die Arbeit von Uwe Arauner zur Donau verwiesen, für die ebenfalls eine deutlich reduzierte Fließgeschwindigkeit anzunehmen ist; vgl. seinen Beitrag in diesem Band S. 59–79.

Solche Beobachtungen zur Fließgeschwindigkeit, wie sie Ausonius für die Mosel überliefert, können auch für andere Flüsse in den literarischen Quellen nachgelesen werden. Herodian beurteilt z.B. die Flüsse in Germanien als nur langsam durch die Ebene fließend.¹⁰³

Insgesamt spricht folglich viel dafür, dass die antike Fließgeschwindigkeit der Mosella nicht schneller als heute, sondern eher langsamer gewesen sein dürfte.¹⁰⁴ Das würde bedeuten, dass die ermittelten Daten der Prahmtestfahrten als zulässig anzuerkennen sind oder sogar etwas zu hoch sein könnten, da der Fluss in der Antike langsamer war. Beschreibende Aussagen über die Vergangenheit, die wir von den ermittelten Daten ableiten, wären dann authentisch oder würden schlimmstenfalls eine Situation beschreiben, die in der Antike hinsichtlich der Effizienz des Treidelns noch etwas günstiger gewesen ist.

Des Weiteren ist zu fragen, ob die Personen, die während der Testfahrten eingesetzt wurden, die Messergebnisse durch ihre körperlichen Eigenschaften verfälscht haben könnten. In dem Projekt wurden Trierer Studentinnen und Studenten sowie das wissenschaftliche Personal des Fachs Alte Geschichte an Treidelseil, Stakstange und Paddel eingesetzt. Inwieweit deren Fitnessstand mit dem antiker Menschen zu vergleichen ist, ist natürlich völlig unbekannt. Hier bleibt fraglos eine Unsicherheit hinsichtlich der Vergleichbarkeit modern ermittelter Daten und annehmbarer antiker Zustände. Diese kann allerdings teilweise entkräftet werden: Zum einen ist während der Testfahrten nach kurzer Zeit deutlich geworden, dass die Technik des Treidelns schnell erlernt werden konnte. Es handelt sich nicht um eine besonders komplexe Tätigkeit, die Abläufe werden schnell zu Routine und sind nicht sonderlich fehleranfällig. Es stellt sich dabei auch heraus, dass das Seil am besten und zugleich am angenehmsten zu führen ist, indem man es über eine Schulter legt, um so – nach Erreichen der Durchschnittsgeschwindigkeit – mit dem ganzen Oberkörper leichten Druck aufbauen zu können. Genau diese Technik wird auch in den Reliefdarstellungen vorgestellt. Hierbei wird besonders die Rücken- und Schultermuskulatur in Anspruch genommen. In den Reliefs lehnen sich die Treidler teilweise sehr weit nach vorne, was nur in der kurzen Anfangsphase für das Anziehen des bewegungslosen Prahms notwendig ist; denkbar ist aber auch, dass die Reliefs eine besonders schnelle und intensive Fortbewegung bildlich einfangen. Etwas komplexer ist das Staken, das eine gute Körperbeherrschung und Balancegefühl¹⁰⁵ erfordert, aber letztlich auch mit etwas Übung schnell erlernt werden kann. Dennoch ist zwingend davon auszugehen, dass die antiken Menschen, die diese Form des Lastentransfers sehr häufig und über Jahre hinweg praktizierten, effizienter und schneller treidelten und stakten.

Zum anderen muss betont werden, dass die durch die Tests ermittelten Durchschnittsdaten auf dem körperlichen Einsatz vieler verschiedener Menschen beruhen. Deutlich wurde, dass die Durchschnittstreidelgeschwindigkeit von 1,7 bis 1,8 kn von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern als moderat empfunden wurde.¹⁰⁶ Insgesamt darf deshalb festgehalten werden, dass der Einsatz moderner Treidler und

¹⁰³ Herod. 8,4,3.

¹⁰⁴ Es ist hier nicht möglich, nachantikes Quellenmaterial komparativ heranzuziehen. Verwiesen sei aber auf ein Gemälde von Carl Bodmer aus dem Jahr 1833. Es zeigt die Eilyacht ‚Stadt Trier‘ vor der Wasserburg von der Leyen bei Gondorf in Bergfahrt nach Trier. Im Hintergrund sieht man einen Mann, der auf einem Floss mehrere gedrängt stehende Tiere über die Mosel zu staken scheint. Bei schneller Fließgeschwindigkeit wäre ein solches Übersetzen mit nur einer Stakstange auf einem Floss sicherlich schwierig gewesen; für eine gute Abbildung vgl. Gilles (2010), S. 11.

¹⁰⁵ Nach den Erfahrungswerten der Tests als realistisch einzuschätzen, ist z.B. eine Reliefdarstellung aus Colijnsplaat, die einen Mann mit Stakstange zeigt, der auf dem Gangbord in die Hocke geht, um möglichst effizient Antriebsdruck zu erzeugen bzw. möglichst lange mit einem Ansetzen der Stange auf Grund Vortrieb generieren zu können; vgl. Bechert (2007), S. 66, Abb. 46; Bockius (2008), S. 40, Abb. 4.

¹⁰⁶ Der Rheinfährmann Engelbert Hirsch berichtete anlässlich seines im Jahr 1971 begangenen Geburtstags über die Treidelfahrt nüchtern: „Einer ging mit einer langen Leine am Ufer entlang und zog. Der andere blieb im Nachen am Steuer. Mit Fliegerhaken half er, die Fahrt zu beschleunigen“ (zitiert nach Sauerbrei [1991], S. 72). Die lakonische Nüchternheit der Aussage, die sich auf das Treideln eines kleinen Binnenfahrzeugs bezieht, ist nach den Erfahrungswerten der Testfahrten mit dem Prahmnachbau auf der Mosel nachvollziehbar.

Staker sehr wahrscheinlich ein Ergebnis erbracht hat, dass für antike ‚Profis‘ sicher zu schlecht gewesen wäre. Auch an diesem Punkt ergibt sich somit, dass beschreibende Aussagen über die Vergangenheit, die wir von den ermittelten Daten ableiten, schlimmstenfalls eine Situation beschreiben, die in der Antike hinsichtlich der Effizienz des Treidelns und Stakens noch günstiger war.¹⁰⁷

Ein weiterer sehr wichtiger und zu problematisierender Aspekt für die Auswertung der Treidel-Daten ist die Vergleichbarkeit der Ufersituationen. Die Tests wurden an einem Moselabschnitt durchgeführt, wo man den Prahm von einem parallel verlaufenden, aber deutlich höher liegenden Fahrradweg aus schleppen konnte. Ferner wurden Grasflächen, die niedriger liegen und direkt am Fluss verlaufen, genutzt. Gelegentliche Hindernisse waren Sträucher oder Bäume. Über die antiken Gegebenheiten an diesem Moselabschnitt ist nichts bekannt. Wie verlässlich sind vor diesem Hintergrund die Daten? Zweifellos muss es in der Antike dauerhaft die Möglichkeit gegeben haben, an den Flussufern entlang zu laufen. Teilweise sind wir über groß angelegte Infrastrukturmaßnahmen unterrichtet, die zum Ziel hatten, das Treideln auf Binnenwasserwegen zu ermöglichen: Berühmt sind die unter Trajan (98–117 n. Chr.) erfolgten Maßnahmen an der Donau.¹⁰⁸ Hier wurde am Eisernen Tor ein über 3 km langer und 60 m breiter Wasserweg angelegt, um Stromschnellen zu umgehen. Neben dem Wasserweg verlief eine in den Stein gehauene Vertiefung, in die eine Holzkonstruktion eingelassen wurde, welche als Erweiterung eines Fußwegs bzw. einer Straße zu deuten ist. Ganz zweifellos handelt es sich um einen künstlichen Treidelpfad. Man darf davon ausgehen, dass der römische Staat ein Interesse daran hatte, Treidelwege an den Ufern von Flüssen anzulegen und gelegentlich zu erneuern; der archäologische Befund deutet an, dass an der Stelle des trajanischen Weges ein Vorgängerpfad aus julisch-claudischer Zeit bestand.¹⁰⁹ Die oben zitierte Aussage des Prokop¹¹⁰ belegt indirekt, dass am Tiber auch eine entsprechende Infrastruktur existent war, die gewiss einer beständigen Pflege bedurfte.

Ob für die Treidelwege an der Mosel eine staatliche Fürsorge anzunehmen ist, kann natürlich nicht gesagt werden, gleichwohl dies, meiner Meinung nach, sehr wahrscheinlich gewesen sein dürfte.¹¹¹ Überliefert ist eine Aussage des Ausonius, der die Ufer wie folgt beschreibt: „Du wirst am Ufer weder von schlammensprossendem Sumpfgas umsäumt noch übergießt du träge die Gestade mit unreinem Schlick: Trocken setzen die Füße ihre Spur bis an das vorderste Wasser“. ¹¹² Waren die Moselufer wirklich so gut zugänglich und so frei von Hindernissen? Liegt hier dichterische Übertreibung vor, motiviert durch die Intention, die Mosella zu rühmen? Oder ist das, was Ausonius beschreibt, authentisch und vielleicht ein Resultat stetiger Pflege der Treidelpfade? Diese Fragen lassen sich nicht mit Gewissheit beantworten. Jedoch erlauben ikonographische Quellen eine Annäherung. Es fällt auf, dass in Reliefdarstellungen – so bspw. in den Sockelreliefs der Igeler Säule oder in einem Relief eines Grabdenkmals aus

107 Anzumerken ist auch, dass besonderes Arbeitsequipment, über das die Antiken nach Aussage der Reliefdarstellungen verfügten, nicht bei den modernen Tests eingesetzt werden konnte. Reliefs der Igeler Säule sowie aus Avignon zeigen z.B. Stöcke (s.u.), die u.a. wohl zum Abstützen gedacht waren, während man den Oberkörper weit nach vorne schob, um so Druck aufzubauen. Eine Treidelszene vom sog. Negotiator-Pfeiler aus Trier zeigt in großer Detailliebe eine Sandale eines Schleppers. Deutlich sind die Schuhnägel zu erkennen, die wie Spikes beim Gehen Trittfestigkeit gewähren sollten; vgl. Baltzer (1983), S. 143, Abb. 110f.

108 Bockius (2007), S. 92; Mirkovic (2007), S. 25f.; Bechert (1999), S. 173. In einer Inschrift rühmt sich Trajan für die infrastrukturellen Leistungen; vgl. CIL III 1699 = CIL III 8267 = ILS 5863; vgl. Strobel (2019), S. 235. Flussfahrzeuge, die diesen Binnenweg genutzt haben dürften, sind auf der Trajanssäule dargestellt; z.B. Höckmann (1985), S. 138, Abb. 116.

109 Bockius (2007), S. 92.

110 Prok. Goth. 5,26.

111 Für den Rhein ist seit karolingischer Zeit sowie bis in das 19. Jahrhundert von kontinuierlich genutzten und instandgehaltenen Treidelwegen auszugehen; vgl. jeweils mit vielen Quellenbeispielen: Volk (1998), S. 444ff.; Sauerbrei (1991), S. 66ff.

112 Aus. Mos. 39ff.; Übersetzung n. P. Dräger.

Avignon¹¹³ – die Treidelnden mit einem Stock dargestellt sind. Diesen, der einen gebogenen, als Griff zweckdienlichen Abschluss aufweist, führen sie meist in einer Hand, während die andere das über die Schulter gelegte Seil hält. Bei den Tests zeigte sich, dass es für den Treidelnden durchaus möglich ist, einen Stock mitzuführen. Aber welchen Nutzen hatten diese Stöcke? Könnten sie zum Abstützen und zusätzlichen Aufbau von Druck gedacht sein? Für Zweitgenanntes scheinen sie etwas zu kurz zu sein, da sie lediglich die übliche Höhe von Spazierstöcken aufweisen. Für den erstgenannten Zweck sind sie sicherlich sehr gut geeignet und ihr Einsatz dürfte die Rücken- und Schultermuskulatur geschont haben, da der Antriebsdruck durch Vorbeugen des Oberkörpers erzeugt wird. Denkbar dürfte auch sein, dass man die Stöcke vielleicht aufgrund von Unebenheiten als Stütze oder aber zur Beseitigung von ufernahen Gräsern und dergleichen einsetzen konnte. Sehr bemerkenswert ist ein Detail in dem Relief aus Avignon: Wie Margot Baltzer bemerkt, scheinen die hier dargestellten treidelnden Männer durch seichtes Wasser zu gehen.¹¹⁴ Dies würde einerseits dafür sprechen, dass ein Uferbereich eines Flusses recht gut zugänglich war. Andererseits wäre anzunehmen, dass eine befestigte Straße oder ein Pfad neben dem Fluss nicht vorhanden waren oder zwischen Gewässer und Weg hinderlicher Pflanzenbewuchs störte. Für den Marsch durch seichtes Wasser waren die Stöcke sicherlich eine hervorragende Unterstützung. Anhand der ikonographischen Quellen lassen sich, wie gesehen, Hinweise auf die infrastrukturellen Bedingungen an den Flusswegen ableiten. Dabei ist das aus den Reliefdarstellungen gewonnene Bild mit der Aussage des Ausonius durchaus vereinbar.

Dieser Eindruck kann noch weiter erhärtet werden, bedenkt man die bahnbrechenden Pionierleistungen, die Uwe Arauner für die hydraulische Geschichte der Donau erarbeitet hat.¹¹⁵ Das von ihm entwickelte Bild führt eine Fluss- und Uferlandschaft vor Augen, in der man sich die Bilder der Treidelreliefs, aber auch die Aussage des Ausonius sehr gut vorstellen darf. Auch wenn sich die Uferbereiche eines Flusses durch Wetter, Wasserpegel und Jahreszeiten dynamisch verändern konnten, ist doch davon auszugehen, dass ein Treidelverkehr – vielleicht auf im Laufe eines Jahres unterschiedlichen Laufniveaus – vielerorts möglich gewesen ist. Wo dies nicht möglich war, griff punktuell vielleicht der Staat mit Maßnahmen wie am Eisernen Tor ein.¹¹⁶

Für die Situation in Ägypten darf man auch anführen, dass etwa Kanäle steter jährlicher Pflege unterworfen wurden. Dabei stand vorrangig die Verbreitung der Nilflut im staatlichen Interesse, Kanäle sollten nicht blockiert werden und wurden dementsprechend gereinigt; gewiss wurden aber auch Uferabschnitte gepflegt.¹¹⁷ Zudem wurden Kanäle, wie etwa der bekannte ägyptische Trajan-Ka-

113 Vgl. Baltzer (1983), S. 142, Abb. 111; Dragendorff / Krüger (1924).

114 Baltzer (1983), S. 73.

115 Vgl. seinen Beitrag in diesem Band (mit der dort zitierten Literatur) S. 59–79.

116 Ebenso wie bei der Frage der Fließgeschwindigkeit ist auch für eine Reflektion über die natürliche Uferbeschaffenheit antiker Binnenwasserwege der komparative Einsatz von neuzeitlichen Quellen denkbar. Verschiedene, hier nur exemplarisch angeführte, Gemälde und Photographien aus dem 19. und frühen 20. Jahrhundert bieten Einblicke in die Beschaffenheit des Moselufers. Dabei zeigt sich, mit dem durch die Testfahrten geübten Blick, vielfach eine leichte und offene Zugänglichkeit des Stroms sowie relativ wenige Hindernisse an den Ufern; vgl. z.B. Gilles (2010), S. 11, 13, 21, 23 u. 25ff.; Clemens / Clemens (2007), S. 108 u. 117; vgl. auch Werke von Johann Anton Ramboux: Ahrens (1991), Nr. 5 u. 16.

117 Man darf sich die Ufersituation auf keinen Fall so vorstellen, wie sie der Forschungsreisende Georg Schweinfurth im 19. Jahrhundert in einem faszinierenden Bericht beschrieben hat: „Bald hatten wir mithilfe der frischen Brise die letzten Schillukdörfer hinter uns, und während sich das bewohnte Gebiet weiter vom Strom zu entfernen schien, blieben die eigentlichen Ufer desselben überall durch ein Gewirr von grasbewachsenen Kanälen zwischen zahlreichen Inseln vom Fahrwasser der Barken geschieden, und nur die fernen Waldstreifen hochstämmiger Akazien markierten zu beiden Seiten das feste Terrain. An diesem Tag stießen wir auf die ersten Papyrusbüsche, für mich als Botaniker gestaltete sich diese Begegnung zu einem förmlichen Fest. Die Hindernisse, welche sich der Schifffahrt durch die Wasservegetation entgegenstellten, begannen nun erst besorgniserregend zu werden, und wir befanden uns während der folgenden Tage beständig in einem Gewirr von Kanälen und schwimmenden Grasmassen, Papyrus- und Ambatschdickichten, welche die ganze Breite des Hauptstroms gleich einer Decke überzogen ... Am 8. Februar begann der eigentliche Kampf mit dieser Welt von Gras. Den ganzen Tag brauchten wir in einem mühsamen Durchzwängen der Barken durch die periodischen Stromarme; ...

nal,¹¹⁸ der keinen landwirtschaftlichen, sondern infrastrukturellen Zwecken diene, über Jahrhunderte hinweg durchgehend gepflegt.¹¹⁹

Insgesamt darf man zu der Frage, ob die Ufersituationen in der Antike ein problemloses Treideln erlaubten und die experimentalarchäologisch gewonnenen Daten im Zuge historischer Auswertungen verwendet werden dürfen, ein optimistisches Fazit fällen. Die Binnenwege waren jenseits der Hochseeschiffahrt die bedeutsamsten Logistikadern der antiken Welt. Ihre Funktionalität hing jedoch maßgeblich von der Möglichkeit ab, sich auf ihnen auch stromaufwärts bewegen zu können. Dass dies durchgehend in umfänglicher Art und Weise in der Antike erfolgte, ist aufgrund der Fülle unterschiedlicher Quellen, die die Praxis des Treidelns belegen, nicht zu bezweifeln.

Die ermittelten Daten und die Erkenntnis, dass mit dem Prahmnachbau eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 1,8 km an einem Arbeitstag von acht Stunden von einem erwachsenen Menschen gegen die Fließrichtung der Mosel als Arbeitsleistung realistisch war, was einer theoretischen Entfernung von 25,9 km entspricht, dürfen als verlässliche Richtwerte angesehen werden. Wobei man berücksichtigen muss, dass der Segeleinsatz noch deutlich effizienter und schneller war!

3. Modellrechnungen / Quantifizierungsmöglichkeiten

Welche Möglichkeiten eröffnen die experimentalarchäologisch ermittelten Daten? Theoretische Tages- und Stundenentfernungen können erschlossen werden, um dadurch eine Annäherung an die Lebenswirklichkeit antiker Menschen zu erreichen und ggfs. ökonomische Auswirkungen des Binnenverkehrs zu erschließen.

Ein Beispiel: In Bollendorf ist ein Grabdenkmal teilweise erhalten, das direkt am Ufer der Sauer steht und heute als Schmittenkreuz bekannt ist.¹²⁰ Es handelt sich um ein sog. Halbwalzenmonument. Das Denkmal ist zwar heute weitestgehend verloren, jedoch ist durch Zeichnungen bekannt, dass die zum Fluss orientierte Seite den Verstorbenen Arr(ius) Gaippus (?)¹²¹ in einem kanuartigen Flussfahrzeug zeigte, in welchem er Waren flussabwärts beförderte. Die Sauer mündet bei Wasserbillig in die Mosel

Von den Unsrigen mussten zwei Bootsmänner im Wasser an Seilen ziehen, um eine Barke nach der anderen durchbringen zu können, dabei schritten sie selbst am Rande der schwimmenden Grasdecken einher, welche ganze Rinderherden zu tragen vermochten, wie ich später zu sehen Gelegenheit fand. ... Mit Sonnenaufgang ging es mit dem Segeln bei mäßigem Wind und offenem Fahrwasser glücklich weiter, ... Die Stärke des Sturms machte auch öfters das Seilziehen unmöglich, und die Mannschaft hatte Mühe schwimmend die größeren Papyrusbüsche zu gewinnen, um an denselben die Tauen zu befestigen, welche von den Barken aus gezogen werden.“ (Schweinfurth / Gussenbauer [2011], S. 32ff.). Schweinfurth beschreibt hier eine Fahrt weit im Süden Ägyptens. Die Beschaffenheit der Ufer des Nilstroms, die hier nicht mehr dicht bewohnt sind, kann nicht als allgemeine Zustandsbeschreibung aufgefasst werden; für weitere neuzeitliche Reiseberichte, die das Treideln erwähnen, vgl. Vinson (1998), S. 156.

118 Bockius (2007), S. 91.

119 Vgl. P.Oxy. 60/4070 (208 n. Chr.); P.Oxy. 12/1426 (332 n. Chr.); P.Wash. 1/7 (5./6. Jh. n. Chr.); vgl. Jördens (2007). Der bildliche Eindruck, den Nilmosaiken aus Palestrina, Pompeji oder Rom erzeugen, stützt das bisher Gesagte: Zwar erkennt man an vielen Stellen der Mosaiken Uferbewuchs, doch sind die zahlreichen Wasserflächen des Nils in diesen künstlerischen Darstellungen fast überall gut zugänglich. Wie fiktiv diese Kunstwerke im Einzelnen sind, könnte man anhand einer ausführlichen Aufarbeitung der Papyri in manchen Details klären, jedoch kann dies, ebenso wenig wie eine Diskussion der künstlerischen Stilistik und Intention, hier nicht geleistet werden; vgl. zu den Mosaiken: Andreae (2012), S. 79–125.

120 CIL XIII 4105 = I.BiER 23; vgl. Broekaert (2013), Nr. 1288.

121 Zum Namen vgl. die Diskussion mit der Literatur in I.BiER 23.

und war in treverischer und römischer Zeit zweifellos schiffbar.¹²² In der Forschung wird bemerkt, dass große Lastprahme die Sauer wohl nicht befahren hätten, da der Fluss zu eng und kurvenreich und vielleicht für große Fahrzeuge nicht überall tief genug gewesen sein könnte.¹²³ Das Relief des Schmittenkreuzes zeigt auch keinen Prahm, sondern ein Kleinfahrzeug, dass man vielleicht als *lintres* (Kleinkahn) oder *naviculae* (Nachen) ansprechen könnte;¹²⁴ Caesar hätte sie wohl *ponto* genannt (s.o.).¹²⁵ Wie auch immer man das Fahrzeug des Arr(ius) Gaippus ansprechen möchte, sicher ist es ein Flachbodenschiff und es scheint mir zulässig, die Strecke Bollendorf-Wasserbillig als Modellfall für eine Simulation mit den experimentalarchäologischen Daten auszuwählen. Ein Prahmfahrzeug in der Größenordnung des getesteten Nachbaus hätte die Sauer zweifellos passieren können. Wie sah nun die Welt aus, die Arr(ius) Gaippus flussabwärts durchfahren hat?¹²⁶ Von Bollendorf über die Sauer bis nach Echternach,¹²⁷ wo ein *vicus* mit Theater und eine sehr große Villa sowie in Echternacherbrück eine weitere Villa¹²⁸ zu lokalisieren sind, beträgt die Entfernung etwa 7–8 km; von Bollendorf bis nach Minden,¹²⁹ wo eine Villa nachgewiesen ist, beträgt die Entfernung ca. 11–12 km; von Bollendorf bis nach Wintersdorf,¹³⁰ wo ein großes Grabdenkmal nachgewiesen und zwei Villen bekannt sind, beträgt die Entfernung etwa 20–21 km; bis nach Langsur,¹³¹ wo eine römische Villa festgestellt wurde, beträgt die Entfernung etwa 27–28 km; bis nach Wasserbillig,¹³² wo ein Tempel und ein *vicus* waren und die Sauer in die Mosel mündet, beträgt die Entfernung etwa 31–32 km. Arr(ius) Gaippus würde in Wasserbillig und Konz auf den Verkehr treffen, der sich über die Via Agrippa entweder aus Trier oder aus *vici* wie Tawern (Tabernae) oder Dalheim (Ricciacus) nach Trier bewegen würde.¹³³ Würde er nun über die Mosel weiterfahren, würde er u.a. Igel,¹³⁴ wo das berühmte Grabdenkmal der Secundinier steht und Villen beobachtet wurden, erreichen (Entfernung von Bollendorf: ca. 35–36 km), danach würde er Konz¹³⁵ passieren, wo die Saar in die Mosel mündet und neben einer weiteren großen Villa in der Spätantike die bekannte Kaiservilla stand (Entfernung von Bollendorf: ca. 37–38 km). Weiter flussabwärts würde er dann nach Trier kommen, was von Bollendorf aus einer Entfernung von etwa 45–46 km entsprechen würde. Während die Hinfahrt mit dem Strom erfolgt wäre, hätte sich Arr(ius) Gaippus auf dem Rückweg gegen die Fließrichtung von Mosel und Sauer bewegen müssen. Angenommen, er hätte ein kleines Prahmfahrzeug wie den getes-

122 Zur Sauer vgl. Aus., Mos. 355ff.; Zimmer (2018), S. 154f.

123 Zimmer (2018), S. 154f.

124 Zimmer (2018), S. 148. Ein Prahm ist ikonographisch bisher nicht sicher nachgewiesen. Eventuell darf man einen solchen in dem berühmten Mosaik der Villa in Bad Kreuznach erkennen: Hinter einem Handelsschiff ist ein flaches, prahmartiges Fahrzeug dargestellt. Handelt es sich um das Beiboot des Schiffs oder um einen Prahm, der z.B. zum Transfer von Ladung im Hafen genutzt wurde? Sicherheit ist hier nicht zu erzielen; vgl. Bockius (2000), S. 440; für die Mosaikszene mit guten Abbildungen: Hornung (2008), S. 55f., Abb. 24; Thiel (2008), S. 58. Zwar werden Flussschiffe vielfach in Reliefs verewigt, allerdings fehlen hierbei auffällig klare Wiedergaben von Prahmfahrzeugen. Dies könnte an künstlerischen Aspekten sowie an einem Prestigestreben der Grabinhaber liegen: Die Reliefs schmücken – wie im Fall des Arr(ius) Gaippus (s.o.) – Grabmonumente, da die Wiedergabe der beruflichen Tätigkeit sowie vielleicht auch der Nachweis, ein Schiff zu besitzen, als Statusaussage gewertet wurde. Es handelt sich um Selbstdarstellung. Die ikonographische Wiedergabe eines flachen Prahms wäre hier vielleicht weniger deutlich und verständlich. Man könnte sie eventuell mit einem Floss verwechseln.

125 Man darf auch an die bei Isid. orig. 19,1,27 bezeugten Bezeichnungen *litorariae* („Uferschiffe“) oder *caudicae* („Kanu“) denken.

126 Für eine Karte des Sauertals vgl.: https://www.eifel.info/karte#ident=address_2863 (abgerufen am 19-05-2020).

127 AE 1965, 199 = I.BiER 45.

128 Seiler (2015), S. 183, Nr. 34.

129 Seiler (2015), S. 238, Nr. 108.

130 I.BiER 135; Seiler (2015), S. 291f., Nr. 184f.

131 Seiler (2015), S. 221f., Nr. 89.

132 CIL XIII 4208.

133 Leiverkus / Leiverkus (2017), S. 50ff., Nr. 10f. u. 15.

134 CIL XIII 4206; Führer (2008), S. 124f., Nr. 43; Seiler (2015), S. 207, Nr. 71f.

135 Führer (2008), S. 134f., Nr. 48; Seiler (2015), S. 219f., Nr. 85f.

teten Nachbau genutzt, hätte er für die Rückfahrt von Echternach bis Bollendorf ca. 2,2–2,5 Stunden benötigt; von Minden bis Bollendorf ca. 3,4–3,7 Stunden; von Wintersdorf bis Bollendorf: ca. 6,2–6,5 Stunden; von Langsur bis Bollendorf: ca. 8,3–8,6 Stunden; von Wasserbillig bis Bollendorf: ca. 9,6–9,9 Stunden; von Igel bis Bollendorf: 10,9–11,1 Stunden; von Konz bis Bollendorf 11,4–11,7 Stunden; von Trier bis Bollendorf: 13,9–14,2 Stunden. Setzt man diese Zeitdaten in Arbeitstage um, wobei von einer Arbeitszeit von acht Stunden ausgegangen wird, ergäbe sich, dass in Langsur etwa die Tagesgrenze für eine Rückreise liegt; geht man von einem Zehnstag im Sommer aus, wäre ein Rückweg von Wasserbillig ebenfalls innerhalb eines Tages denkbar. Um von Trier nach Hause zu gelangen, würde Arr(ius) Gaippus mit einem Prahm in der Größe des Nachbaufahrzeugs – vorausgesetzt, er nutzt ausschließlich den Treidelantrieb – zwei Arbeitstage benötigen.

Zu alledem sei nun angemerkt, dass ein Fahren mit Segelkraft natürlich deutlich effizienter wäre. Angenommen, man würde eine realistische Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 2 kn (= 3,71 km/h) erreichen, ergäben sich folgende Daten: Echternach – Bollendorf: ca. 1,9–2,2 Stunden; Minden – Bollendorf: ca. 3–3,2 Stunden; Wintersdorf–Bollendorf: ca. 5,4–5,7 Stunden; Langsur–Bollendorf: ca. 7,3–7,5 Stunden; Wasserbillig–Bollendorf: ca. 8,4–8,6 Stunden; Igel–Bollendorf: ca. 9,4–9,7 Stunden; Konz–Bollendorf: ca. 10–10,2 Stunden; Trier–Bollendorf: ca. 12,1–12,4 Stunden.

Für die Hinfahrt über Sauer und Mosel sind niedrigere Zeiten anzusetzen, wobei die Fließgeschwindigkeiten hier nicht exakt bestimmt werden können. Aber man darf sicher vermuten, dass auf der Talfahrt die für eine Bergfahrt unter Segeln ermittelten Daten durchschnittlich unterboten werden. Die experimentalarchäologisch gewonnenen Daten erlauben es – bei aller Vorsicht – eine Vorstellung des Wirtschaftsraumes eines Schiffers wie Arr(ius) Gaippus zu entwickeln. Es wäre durchaus vorstellbar, dass er innerhalb von vier Arbeitstagen von Bollendorf nach Trier und wieder nach Hause gefahren ist. Zwei Übernachtungen in dem *vicus* von Wasserbillig, der auf seiner Route neben Trier der wichtigste Absatzort für Waren gewesen sein muss, erscheinen sinnvoll. Bedenkt man die Zeitdaten, ist es realistisch, dass Arr(ius) Gaippus in Wasserbillig und Trier auch jeweils genug Zeit für seine geschäftlichen Tätigkeiten gehabt hätte. Ein theoretisch denkbarer Zeitplan könnte wie folgt aussehen:

Tag 1: Talfahrt von Bollendorf nach Wasserbillig (mit Segelkraft): <8,4–8,6 Stunden.

Tag 2: Geschäftliche Tätigkeit in Wasserbillig; Talfahrt von Wasserbillig nach Trier (mit Segelantrieb): 13–14 km => <3,5–3,8 Stunden; geschäftliche Tätigkeiten in Trier.

Tag 3: Geschäftliche Tätigkeiten in Trier; Bergfahrt nach Wasserbillig (mit Treidelantrieb): 4–4,3 Stunden / (mit Segelantrieb): 3,5–3,8 Stunden; geschäftliche Tätigkeiten in Wasserbillig.

Tag 4: Bergfahrt von Wasserbillig nach Bollendorf (mit Treidelantrieb): 9,6–9,9 Stunden / (mit Segelantrieb: 8,4–8,6 Stunden).

Es wäre auch vorstellbar, dass die Übernachtungen nicht im *vicus* von Wasserbillig erfolgten, sondern andernorts oder sogar spontan am Uferstrand. Dann könnte man für den zweiten und dritten Tag auch eine weitere Fortbewegung annehmen. Berücksichtigen müsste man auch die Zeit, die für das Beladen oder Löschen der Güter einzurechnen ist, wobei dies bei der geringen Größe des Fahrzeugs relativ schnell geschehen kann.

Natürlich driftet man mit solchen Hochrechnungen ins Hypothetische ab. Diese Modellrechnung gilt für einen fiktiven Arr(ius) Gaippus, der mit einem Prahmfahrzeug wie dem getesteten Nachbau unterwegs war.

Es gilt zu dem historischen Arr(ius) Gaippus verschiedene Aspekte kritisch zu bedenken: Wie gesagt verfügte Arr(ius) Gaippus nicht über ein Prahmfahrzeug, sondern über ein sicherlich kleineres kanu-artiges Schiff. Dies würde bedeuten, dass das Treideln leichter und damit auch schneller möglich war. Sein Flussfahrzeug zeigt in dem Relief kein Segel. Vielleicht nutzte er lediglich Staken und Treideln als

Antriebsquellen. Aufgrund der Darstellung und der Orientierung des Denkmals zur Sauer ist eindeutig, dass er in Talfahrt in Richtung Wasserbillig dargestellt ist. Ob er in dem Relief ein Steuerruder oder eine Stakstange führte, kann nicht mehr entschieden werden. Wichtig ist aber, dass sein Fahrzeug im Vergleich mit dem Prahmnachbau sicher kleiner und auch bei voller Ladung leichter war. Die verfügbaren Treideldaten dürften für ihn also zu hoch angesetzt sein. Arr(ius) Gaippus wäre demnach bei der Treidelfahrt schneller als der getestete Prahm gewesen.

Generell sind die experimentalarchäologisch ermittelten Daten auch dahingehend zu problematisieren, dass sie sich stets auf eine Fahrt mit voller Ladung beziehen. Allerdings ist bei Arr(ius) Gaippus, der als Akteur in einem beschränkten Binnenwirtschaftsraum tätig war, eher anzunehmen, dass sich die Quantität seiner Ladung unterwegs verändert haben dürfte, was sich positiv auf die Durchschnittsgeschwindigkeit ausgeübt haben muss. Hat er unterwegs die Sauer und Mosel abwärts Güter von ansässigen Villenbesitzern aufgenommen, um sie nach Wasserbillig oder nach Trier zu bringen? Dies bleibt natürlich hypothetisch, was jedoch möglich erscheint, ist eine Einschätzung zu der Frage, ob er bei der Talfahrt / Hinfahrt oder bei der Bergfahrt / Rückfahrt durchschnittlich mehr Transportgut befördert hat: Bedenkt man die landwirtschaftlich und gewiss größtenteils subsistenzwirtschaftlich geprägte Wirtschaftsbeschaffenheit des Sautals und des nahen Ferschweiler Plateaus, ist doch davon auszugehen, dass ein Mann wie Arr(ius) Gaippus landwirtschaftliche Produkte talwärts befördert hat. Auf einer Rückfahrt dürfte er solche Güter transportiert haben, die vermutlich auf den Landgütern selbst nicht hergestellt werden konnten. Als schwere Massengüter sind hier wohl nur Wein und Olivenöl anzunehmen, wobei offenbleibt, wie stark diese jeweils im Sautal benötigt wurden. Bedenkt man die Zentralität der Binnenwirtschaftsstruktur, die von Trier als Bevölkerungsknotenpunkt der Region ausging sowie die Rolle der *vici* in der regionalen Wirtschaftsstruktur des Umlands einer großen Stadt, kommt man zu dem Schluss, dass ein Spediteur wie Arr(ius) Gaippus bei der Rückfahrt gen Bollendorf durchschnittlich weniger Ladegut transportierte als bei der Hinfahrt. Dies würde bedeuten, dass die experimentalarchäologisch ermittelten Daten zu hoch angesetzt wären.

An dieser Stelle eröffnet sich die Möglichkeit, Überlegungen zu der Verfügbarkeit von Arbeitskräften, die das Treideln übernehmen, anzustellen. Zunächst ist zu fragen, ob bspw. ein Mann wie Arr(ius) Gaippus Arbeitskräfte gefunden haben kann, die für eine zweitägige Bergfahrt zur Verfügung gestanden hätten; wobei zu bedenken ist, dass diese engagierten Schlepper sich auch wieder ‚nach Hause‘ bewegen müssten. Eine Durchsicht der epigraphischen und papyrologischen Quellen zeigt, dass es den Beruf des Treidlers in der Antike nicht gegeben hat. Dies verwundert wenig, da die Tätigkeit – wie die Testfahrten gezeigt haben – keine langwierige Ausbildung und kein spezielles Wissen erfordert.¹³⁶ Wie könnte ein theoretischer ‚Arbeitsmarkt‘ in einem Binnenraum zwischen Bollendorf und Trier ausgesehen haben? Es ist davon auszugehen, dass es in einem engen Radius um eine Stadt wie Trier eine sehr dichte Mobilität gegeben haben muss. Wobei die Anzahl der Menschen, die Wegstrecken von wenigen Tagesreisen um das ‚Zentrum‘ Trier zurücklegten, größer gewesen sein muss als die Anzahl der Personen, die Trier auf einer langen Reise passierten. Ein enger Mobilitätsradius lässt sich in den Quellen

136 Eine Ausnahme stellt Ostia dar, von wo *codicarii* bzw. *caudicarii* bekannt sind, die sich in Kollegien zusammengeschlossen haben; vgl. z.B. CIL XIV 185; CIL XIV 4234 = ILS 3417; Rohde (2012), S. 134ff. Die *codicarii* haben den Treidelverkehr nach Rom organisiert. Andersorts gibt es keine sicheren Belege für diese Berufsbezeichnung; in Gallien ist er, auch wenn dies in der Forschung diskutiert wird (vgl. Rohde [2012], S. 137), nicht sicher bezeugt. Die Besonderheit in Ostia liegt vielleicht in der enormen Gütermenge begründet, die über den Tiber in die Hauptstadt gelangte. Eine Verbindung mit der oben angegebenen Aussage des Prokop drängt sich auf. Hatte sich aufgrund des steten und umfänglichen Güterverkehrs zwischen Ostia und Rom eventuell ein besonderes Transportsystem etabliert, in welchem auch Lasttiere als Treidelkräfte eingespannt wurden und das von einer besonderen, ansonsten unbekannten Berufsgruppe organisiert und kontrolliert wurde? Dass gerade am Tiber zwei solch singuläre Quellenbefunde zu einem ansonsten in literarischer und epigraphischer Überlieferung nicht greifbaren Thema auftreten, ist wahrscheinlich kein Zufall. Vielleicht geht die Entwicklung von in Kollegien organisierten *codicarii*, die mit Lasttieren den Güterstrom nach Rom sicherstellen, auf staatliche Impulse zurück.

greifen: Ein Gesetz, das auf einem Fragment einer Bronzeurkunde aus Lauriacum aus der Zeit Caracallas erhalten geblieben ist, unterscheidet zwischen Personen, die eine Stadt verlassen und wissen, dass sie am gleichen Tag nicht mehr zurückkehren, und solchen, die eine Stadt verlassen und am gleichen Tag wieder zurückkommen.¹³⁷ Die Kategorie der ‚Tagesreise‘ wird hier als bewusstes Unterscheidungsmerkmal formuliert. Auch andere Quellen zeigen Reiseentfernungen auf, die sich innerhalb eines Tages bewältigen lassen;¹³⁸ zahlreiche Briefzeugnisse aus Ägypten mit entsprechend expliziten Angaben können hierfür angeführt werden.¹³⁹ Auch ein Brief aus Vindonissa dokumentiert eine eintägige Reiseentfernung zu der Siedlung.¹⁴⁰ Spiegelt sich in diesen Quelleninformationen vielleicht ein potenzieller Binnenarbeitsmarkt? Gab es viele Personen, die innerhalb kurzer Wegstrecken reisten und theoretisch für die Treidelarbeit engagiert werden konnten? In der Neuzeit waren die Pferdeführer, Treidelknechte genannt, oft hauptsächlich in der Landwirtschaft aktiv.¹⁴¹ Die Treidelarbeit war ein Nebengeschäft, das sie nicht zu lange von ihrem Heimathof wegführen durfte. Ist dergleichen auch für die Antike vorstellbar? Für die oben vorgenommene Modellrechnung habe ich lediglich die nahe an der Sauer gelegenen archäologischen Stätten als theoretische Etappenorte herangezogen, um die Bewegungsgeschwindigkeit beispielhaft darzustellen. Betrachtet man das weitere Einzugsgebiet des Sauerlands sind auf der Ostseite des Flusses bis zur Mündung in die Mosel mindestens 14 Villen in Fließrichtung aufzuführen, deren Bewohner die Sauer als Verkehrsweg genutzt haben dürften.¹⁴² Diese Anzahl beruht auf der sehr hilfreichen Studie von Stephan Seiler zur Villenwirtschaft im Trevererland. Er konnte aber lediglich die Villen innerhalb Deutschlands – die Sauer ist Grenzfluss zwischen Luxemburg und Deutschland – aufnehmen; es fehlt z.B. die oben bereits angesprochene große Villa von Echternach. Die Anzahl von Gutshöfen im Einzugsgebiet war also noch deutlich größer; eine genaue Aufarbeitung sowie eine chronologische Aufgliederung der Villen kann hier nicht erfolgen. Wie viele Menschen in diesen Villen gelebt haben und ihre Arbeitskraft neben der Landwirtschaft auch für Transportdienste zur Verfügung stellten, kann natürlich nicht gesagt werden.¹⁴³ Es sei allerdings daran erinnert, dass der fiktive Arr(ius) Gaippus für die Fahrten mit dem Prahmnachbau lediglich eine weitere Person benötigt hätte; der historische Arr(ius) Gaippus hatte einen Sohn namens Riceno, vielleicht waren die Fahrten innerfamiliär organisiert.¹⁴⁴

Für Fahrten von wenigen Tagen mit kleineren Fahrzeugen in einem lokalen Umfeld Arbeitskräfte zu finden, ist für die Antike folglich als sehr realistisch vorauszusetzen. Wie sieht die Situation aber für lange Handelsfahrten und mit größeren Schiffen aus? Reiche Familien wie die Secundinier in Igel scheinen über Personal verfügt zu haben, das auch weite Fahrten mit den Tuchwaren absolviert haben könnte.¹⁴⁵ Sehr wichtig scheint mir hier ein Hinweis auf papyrologisch überlieferte Speditionsverträge aus dem

137 AE 1907, 100; Ubl (1997), S. 96–98, Nr. II/B-4 (mit weiterer Literatur).

138 Verwiesen sei exemplarisch auf die quellenreiche Studie von Fellmeth (2002), der zahlreiches Material für ökonomisch motivierte Binnenmobilität bietet.

139 Reinard (2016), S. 432f.

140 Tab. Vindon. 46.

141 Sauerbrei (1991), S. 69.

142 Seiler (2015), Nr. 18f. (beide Bollendorf), Seiler (2015), Nr. 34 (Echternacherbrück), Seiler (2015), Nr. 108 (Minden), Seiler (2015), Nr. 52 (Godendorf), Seiler (2015), Nr. 132f. (beide Olk), Seiler (2015), Nr. 78 (Kersch), Seiler (2015), Nr. 184f. (beide Wintersdorf), Seiler (2015), Nr. 158 u. 160 (beide Trierweiler), Seiler (2015), Nr. 102f. (Mesenich) und Seiler (2015), Nr. 89 (Langsur).

143 Bemerkenswert erscheint mir, dass aus Bollendorf, wo lediglich zwei kleinere Villen nachgewiesen bzw. erhalten geblieben sind, eine erstaunlich umfängliche epigraphische Überlieferung vorliegt, die immerhin zehn namentlich fassbare Männer für das 1.–3. Jh. n. Chr. dokumentiert; vgl. CIL XIII 4104–4109 u. 4111 = I.BiER 22–28 u. 31. Dies deutet zumindest an, dass man eine kontinuierliche Besiedlung und damit auch eine theoretische Verfügbarkeit von Arbeitskräften annehmen kann.

144 CIL XIII 4105 = I.BiER 23.

145 Die Reliefs der Säule zeigen in zwei Sockelreliefs nicht nur jeweils zwei Treidler, sondern in zwei weiteren Reliefs auch den Wagentransport sowie in einem Reliefband den Transfer mittels Reitpferd. Außerdem werden in zwei Reliefs Tuchproben sowie in einem das Verschnüren bzw. Verpacken der Tuchwaren vorgeführt; vgl. Dragendorff / Krüger (1924).

kaiserzeitlichen Ägypten.¹⁴⁶ In diesen werden Kosten für eventuelle Treidelarbeiten nicht erwähnt, es wird von Segelfahrten ausgegangen. Der beauftragte Kapitän soll jeweils eine Mannschaft nach seiner Wahl zusammenstellen. Zudem wird die Entladung des Schiffs durch Kapitän und Mannschaft geleistet. Explizit wird betont, wie sich ein Kapitän verantwortlich zu verhalten hat: nicht nachts oder bei Sturm segeln, nur an sicheren Orten ankern und übernachten. Sollten jedoch höhere Mächte und unerwartete Ereignisse – z.B. Feuer an Land, Bedrohung durch Räuber, Stürme etc. – den Kapitän zu einem weniger verantwortlichen Handeln zwingen und daraus ein Schaden entstehen, dann muss er, sofern er entsprechende Beweise vorbringen kann, für einen Verlust nicht aufkommen.

Aus den Vertragstexten lässt sich erschließen, dass der Kapitän im Notfall wohl Mitglieder seiner Mannschaft zum Treideln einsetzen konnte. Eine komplette Besatzung, die bei Fahrten unter Segeln auf großen Schiffen nötig war, wurde auf einem getreidelten Schiff sicher nicht gebraucht. Deshalb ist es sinnvoll, dass in den Verträgen etwaige Personalkosten für Treidelarbeiten nicht thematisiert werden, obwohl diese ja gerade dann häufig angefallen wären, wenn Fahrten nicht nach Plan verliefen. In diesen, durch besondere Ereignisse beeinträchtigten Fällen wäre der Kapitän nicht für einen entstandenen Schaden haftbar gewesen. Aber wer wäre für die Treidelkosten aufgekommen? Es war wohl selbstverständlich, dass in solchen Fällen die vom Kapitän engagierte Mannschaft die Schleppseile ergriff. Eben dies dürfte auch im Fall des Libys geschehen sein, der sicher bewusst den Nominativ Plural ἔλκοντες¹⁴⁷ verwendet hat.

Ist dies auf den Binnenverkehr in anderen Regionen der antiken Welt übertragbar? Reliefdarstellungen größerer Flussschiffe aus der Kaiserzeit zeigen sehr häufig eine aus mehreren Personen bestehende Be-

146 Z.B. P.Oxy.Hels. 37 (176 n. Chr.): „Ich, Apollonius, Sohn des Herkleides, meine Mutter ist Herakleia, aus Sophthis aus dem Herakleopolitischen Gau oberhalb von Memphis, und meine Vertragspartner, an Sarapion, Sohn des Sarapion, Sohn des Chaeremon, aus dem Sosicosischen Stamm und der Zeneischen Deme, Schiffer und Kapitän eines Fahrzeugs mit einem Fassungsvermögen von 800 Artaben mit der Flagge ..., Grüße. Ich stimme zu, dass ich von Dir das oben genannte Schiff für das Laden von zweihundert leeren Gefäßen aus Caesarea (?) gemietet habe, die Du in dem Hafen von ... einladen sollst und sie zu dem Hafen des oben genannten Herakleopolitischen Gaus oberhalb von Memphis transportieren sollst, zu einem vereinbarten Preis von zweihundertsechzig Silberdrachmen, die ich Dir sofort gegeben habe. Die Steuern und Ausgaben sowie die Kosten für die Fluss- und Hafenabgabe und die Kosten für Holz sollen von mir bezahlt werden, der ich das Schiff gemietet habe. Du sollst das für die Segelfahrt vorbereiten mit einer guten Besatzung, und Du sollst die Reise aus der Stadt heute antreten und sollst so segeln, wie es üblich ist, nicht nachts segeln oder während eines Unwetters, und ankere jeden Tag an den dafür vorgesehenen und am meisten sicheren Ankerstellen zu einer angemessenen Stunde; es sei denn, was nicht eintreten soll, dass es einen Grund von vis maior gibt, entstehend durch Feuer am Land oder durch Sturm oder eine Bedrohung durch Verbrecher. Falls du für diese Dinge Beweise anführen kannst, sollen Du und Deine Besatzung frei von Verantwortung sein. Du sollst für das Entladen einen Tag verweilen, ausgenommen der Tag, an dem Du in den Hafen kommst; und sollte ich Dich danach weiter einspannen, werde ich Dir für jeden Tag ... ich werde nichts von dem oben gesagtem (gegen Dich) verletzen ... seitdem ich das Schiff zu diesen Bedingungen gemietet habe. 16. Jahr des Imperator Caesar Marcus.“

P.Lond. 3/948 = Johnson (1936), Nr. 271 (236 n. Chr.): „Aurelius Herakles, Sohn des Dioscurus, aus Antaeopolis, Kapitän eines in privatem Besitz befindlichen Schiffs, das 240 Artaben laden kann, nicht beflaggt (?), hat es an Aurelius Areius, Sohn des Heraklides, Ratsherr der Stadt des Arsinoites, vermietet für das Laden von 250 Artaben an Gemüsesamen, die vom Hafen am Hain in der Metropolis in den Hafen von Oxyrhynchos transportiert werden sollen, zu einem vereinbarten Preis von 100 Silberdrachmen, frei von allen Gebühren; von diesen hat er bereits 40 Drachmen erhalten und wird die anderen 60 Drachmen nach der Zustellung erhalten. Diese Ladung soll er sicher und ohne Beschädigung durch Schaden auf der Flussfahrt transportieren. Er erlaubt (= Aurelius Areius) 2 Tage vom 25. Tag (des Monats) an für das Laden und er wird 4 Tage gewähren in Oxyrhynchos (für das Entladen); danach, sollte er ihn noch benötigen, soll er 16 Drachmen pro Tag als Liegegebühr erhalten; der Kapitän soll eine gute Besatzung stellen und jede Fürsorge für das Schiff aufbringen. Und er (= Aurelius Herakles) soll als Trankspende / Trankopfer (?) ein Keramion Wein in Oxyrhynchos erhalten. Dieser Vertrag ist gültig. Ich, Aurelius Herakles, habe das Schiff vermietet (an Aurelius Areius) und ich habe 40 Drachmen erhalten auf mein Konto, so wie vereinbart. 3. Jahr des Imperator Caesar Gaius Iulius Verus Maximus Pius Felix Augustus und des Gaius Iulius Verus Maximus, des heiligsten Caesar Augustus, Sohn des Augustus; 22. Tag des Monats Phaophi.“

147 Z. 6.

satzung.¹⁴⁸ Da die Treideltestfahrten mit dem Prahmnachbau eine verlässliche Einschätzung der körperlichen Belastung erbracht haben, darf man mit einiger Sicherheit sagen, dass größere Binnenfahrzeuge durch eine kleine Gruppe von Personen durchaus effizient bewegt werden konnten. Die Schiffsbesatzung war hierfür sicherlich ausreichend, man musste keine zusätzlichen Treidelarbeiter suchen.¹⁴⁹ Die Personalkosten erhöhten sich demnach nur durch die längere Fahrzeit, nicht durch zusätzliches Personal.

4. Zusammenfassung

Die Testfahrten mit dem Prahmnachbau haben experimentalarchäologisch ermittelte Daten erbracht, die für die Einschätzung der Transporteffizienz eines kleinen Binnenflussfahrzeugs verwendbar sind. Als historischer Erkenntnisgewinn kann allgemein festgehalten werden, dass das Treideln durch Menschenkraft nicht so anstrengend ist wie oftmals gedacht und behauptet wird. Ein durchschnittlicher Tagesradius von ca. 25 km ist bei einem im beladenen Zustand 1500 kg wiegendem Prahm mit wenig Übung realisierbar und erfordert eine körperliche Leistung, die auch über mehrere Arbeitstage abrufbar ist. Individuelle Wirtschafts- und Bewegungsräume von Personen, die entsprechend vergleichbare Fahrzeuge verwendet haben, können aufgrund der gewonnenen Messdatengrundlage verlässlich erschlossen werden.

Außerdem ist durch die Testfahrten deutlich geworden, dass auch Flachbodenfahrzeuge wie der Prahm von Bevaix mit Segelantrieb sehr gut manövriert werden können. Die Segelfahrt ist im Vergleich zum Treidelantrieb schneller und effizienter.

Zu den Personalkosten ist zu sagen, dass aufgrund der Testerfahrungen sowie der erzielten durchschnittlichen Messdaten für das Treideln eines Fahrzeuges, das die gleiche Größe wie der Nachbau aufweist, lediglich zwei Personen ausreichend sind. Die Fahrt unter Segeln ist mit einem solchen Fahrzeug ebenfalls mit zwei Personen möglich.

Die Testdaten lassen auch Rückschlüsse für die Bewertung der Effizienz größerer Binnenschiffe zu. Die in der Forschung geschätzte Tagesstrecke von 15–20 km¹⁵⁰ mit menschlicher Treidelleistung bei größeren Frachtschiffen kann anhand der Testfahrten mit dem Bevaix-Nachbau als realistisch gestützt, wenn auch noch nicht abschließend bewiesen werden.¹⁵¹ Mit Gewissheit verdeutlichen die im Experiment gewonnenen Treideldaten aber, dass auch größere Schiffe mit zwei oder drei Personen sicherlich recht effizient getreidelt werden konnten, wobei die Differenzen von Segelleistung und Treidelleistung in diesen Fällen im Vergleich zum Prahmnachbau deutlich größer sein müssen. Dennoch war es möglich, aus der Besatzung eines größeren Segelfrachters die benötigten Treidler zu stellen, ohne auf zusätzliches Personal angewiesen zu sein. Wer große Frachter treideln statt segeln musste, reduzierte entweder seinen Aktionsraum oder benötigte mehr Fahrzeit, was dann zu einer Kostensteigerung führte.

148 Verwiesen sei nur auf zwei oft abgedruckte Beispiele: Die ‚Isis Giminiana‘, die in einer Wandmalerei aus Ostia gezeigt wird, oder das Relief des Blussus-Steins aus Mainz; vgl. Bockius (2007), S. 91 u. 97, Abb. 101 u. 110.

149 Aus dem Frühmittelalter ist eine interessante Parallele überliefert: In den *Miracula sancti Goaris* (MGH SS 15.1, c. 28) wird ein Kaufmann erwähnt, der seine Mannschaft das Schiff schleppen lässt; vgl. Volk (1998), S. 445.

150 Schäfer (2016a), S. 35.

151 Testdaten der auch auf der Mosel zu erprobenden Bissula, dem Nachbau eines Seehandelsschiffs vom Typ Lauron 2, können hierzu künftig weitere Aufschlüsse geben. Die Bissula wurde in einem Forschungsprojekt unter der Leitung von Christoph Schäfer rekonstruiert und wird nun experimentalarchäologisch erforscht; vgl. <https://www.uni-trier.de/index.php?id=62438> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020).

Genau dies wird in der anfangs zitierten Eingabe des Libys aus dem Jahr 222 v. Chr. deutlich: Er wollte von Alexandria in die Thebais fahren (ca. 885 km), geriet aber bei Aphroditopolis¹⁵² (nach ca. 330–335 km)¹⁵³ in einen Sturm. Nach Steve Vinson kann man unter Segeln nilaufwärts ca. 30 km pro Tag zurücklegen.¹⁵⁴ Man war also ca. elf Tage unterwegs und musste das Schiff nun treideln. Bis nach Ptolemaios Hormu¹⁵⁵ sind ca. 40 km anzunehmen.¹⁵⁶ Setzt man die Tagesstrecke von 15–20 km an, dann dürfte die Fahrt nach Ptolemaios Hormu zwei oder drei Tage gedauert haben; eine Weiterfahrt mittels Treidelantrieb in die Thebais hätte mindestens ca. 30 Tage gedauert, während dies mit Segeln in etwa 18–19 Tagen realistisch gewesen wäre.

Durch die experimentalarchäologischen Tests ist deutlich geworden, wie sich die Größe des Fahrzeugs auf das Verhältnis von Treidel- und Segeleffizienz auswirkt. Die anzunehmenden Schätzdaten für größere Schiffe, die Daten für die Bergfahrt auf dem Nil sowie die experimentalarchäologisch ermittelten Daten für den Prahmnachbau sind exemplarisch in der abschließenden Tabelle zusammengestellt; hier wurde eine Modellrechnung mit dem Zeitraum von sieben Tagen unternommen, um die Entwicklung der Entfernungsdifferenz zwischen Segel- und Treidelfahrt zu verdeutlichen. Es zeigt sich, dass das Treideln für kleinere Fahrzeuge wie den Testprahm, auch im Verhältnis zum Segelantrieb, sehr effizient gewesen sein muss. Erst nach sieben Tagen Fahrzeit hat ein kleiner getreidelter Prahm einen Rückstand von acht Stunden, also ca. einem Arbeitstag. Bei größeren Frachtschiffen ist das Verhältnis natürlich deutlich ungünstiger.

152 <https://www.trismegistos.org/geo/detail.php?tm=236> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020); <https://pleiades.stoa.org/places/736889> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020).

153 Für die Entfernungen vgl. Thompson (2012), S. 753.

154 Vinson (1998); Thompson (2012), S. 752f.

155 <https://www.trismegistos.org/geo/detail.php?tm=2024> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020); <https://pleiades.stoa.org/places/737029> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020); https://www.trismegistos.org/fayum/fayum2/map.php?geo_id=2024 (zuletzt abgerufen am 19-05-2020).

156 Thompson (2012), S. 753.

Geschätzte Daten für ein größeres Frachtschiff	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6	Tag 7
30 km pro Tag / Segeln	30 km	60 km	90 km	120 km	150 km	180 km	210
15–20 km pro Tag / Treideln	15–20 km	30–40 km	45–60 km	60–80 km	75–100 km	90–120 km	105–140 km
Differenz	10–15 km	20–30 km	30–45 km	40–60 km	50–75 km	70–90 km	70–105 km
Differenz in Fahrzeit (Segel)	2,7–4 Std.	5,3–8 Std.	8–12 Std.	10,7–16 Std.	13,3–20 Std.	18,7–23 Std.	18,7–28 Std.
Differenz in Fahrzeit (Treidel – 15 km pro Tag)	5,3–7,9 Std.	10,5–15,8 Std.	15,8–23,7 Std.	21,1–31,6 Std.	26,3–39,5 Std.	36,8–47,4 Std.	36,8–55,4 Std.
Differenz in Fahrzeit (Treidel – 20 km pro Tag)	4–6 Std.	8–12 Std.	12–18 Std.	16–24 Std.	20–30 Std.	28–36 Std.	28–42 Std.
Experimentalarchäologisch ermittelte Daten für ein Prahmnachbau	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6	Tag 7
3,71 km/h pro Stunde = 29,7 km Tagesleistung / Segeln	29,7 km	59,4 km	89,1 km	118,8 km	148,5 km	178,2 km	207,3 km
3,24 km/h pro Stunde = 25,9 km Tagesleistung / Treidel	25,9 km	51,8 km	77,7 km	103,6 km	129,5 km	155,4 km	181,3 km
Differenz	3,8 km	7,6 km	11,4 km	15,2 km	19 km	22,8 km	26 km
Differenz in Fahrzeit (Segel)	1,0 Std.	2,0 Std.	3,1 Std.	4,1 Std.	5,1 Std.	6,1 Std.	7,0 Std.
Differenz in Fahrzeit (Treidel)	1,2 Std.	2,3 Std.	3,5 Std.	4,7 Std.	5,9 Std.	7,0 Std.	8,0 Std.

Tab. 1: Streckendifferenz: Segeln – Treideln.

Abkürzungen:¹⁵⁷

AE:	Année Épigraphique
CIL:	Corpus Inscriptionum Latinarum
Georges	Ausführliches lateinisch-deutsches Handwörterbuch aus den Quellen zusammengetragen und mit besonderer Bezugnahme auf Synonymik und Antiquitäten unter Berücksichtigung der besten Hilfsmittel
I.BiER:	Inschriften aus Bitburg und der südlichen Eifel aus der Römerzeit
MGH:	Monumenta Germaniae Historica
P.Cair.Zen.:	Zenon Papyri. Catalogue général des antiquités égyptiennes du Musée du Caire
P.Enteux.:	ENTEΥΞΕΙΣ. Requêtes et plaintes adressées au Roi d'Égypte au IIIe siècle avant J.-C.
P.Lille.:	Papyrus grecs. Institut Papyrologique de l'Université de Lille
P.Lond.:	Greek Papyri in the British Museum
P.Oxy.:	The Oxyrhynchus Papyri
P.Oxy.Hels.:	Fifty Oxyrhynchus Papyri
P.Wash.:	Washington University Papyri
PSI:	Papiri greci e latini. Pubblicazioni della Società Italiana per la ricerca dei papiri greci e latini in Egitto
SB:	Sammelbuch griechischer Urkunden aus Aegypten
Tab. Vindon.:	Die römischen Schreibtafeln von Vindonissa
W.Chr.:	Grundzüge und Chrestomathie der Papyruskunde, I Bd. Historischer Teil
WB:	Wörterbuch der griechischen Papyrusurkunden mit Einschluß der griechischen Inschriften, Aufschriften, Ostraka, Mumienbilder usw. aus Ägypten
WL:	Wörterlisten aus den Registern von Publikationen griechischer und lateinischer dokumentarischer Papyri und Ostraka (https://papyri.uni-koeln.de/papyri-woerterlisten/index.html) (zuletzt abgerufen am 19-05-2020)

Literatur

- Ahrens (1991): D. Ahrens (Hg.), Johann Anton Ramboux. Ansichten von Trier, Trier 1991.
- Andreae (2012): B. Andreae, Antike Bildmosaiken, Darmstadt / Mainz 2012.
- Arnold (1992): B. Arnold, Batellerie gallo-romaine sur le lac de Neuchâtel, 2 Bde., Saint-Blaise 1992.
- Baatz (1982): D. Baatz, „Das Leben im Grenzland des Römerreichs“, in: D. Baatz u.a. (Hg.), Die Römer in Hessen, Stuttgart 1982, S. 84–156.
- Baltzer (1983): M. Baltzer, „Die Alltagsdarstellungen der treverischen Grabdenkmäler“, in: TZ 46 (1983), S. 7–151.
- Bechert (1999): T. Bechert, Die Provinzen des Römischen Reiches. Einführung und Überblick, Mainz 1999.

¹⁵⁷ Vgl. für die Papyri: <http://papyri.info/docs/checklist> (zuletzt abgerufen am 19-05-2020).

- Bechert (2007): T. Bechert, *Germania Inferior. Eine Provinz an der Nordgrenze des Römischen Reiches*, Mainz 2007.
- Böcking (1996): W. Böcking, „Caudicaria. Römische Lastkähne“, in: *AW* 27,3 (1996), S. 209–215.
- Bockius (2000): R. Bockius, „Antike Prahme. Monumentale Zeugnisse keltisch-römischer Binnenschifffahrt aus der Zeit vom 2. Jh. v. Chr. bis ins 3. Jh. n. Chr.“, in: *JRGZM* 47,2 (2000), S. 439–493.
- Bockius (2002): R. Bockius, „Abdichten, beschichten, kalfatern. Schiffsversiegelung und ihre Bedeutung als Indikator für Technologietransfer zwischen den antiken Schiffbautraditionen“, in: *JRGZM* 49 (2002), S. 189–234.
- Bockius (2004): R. Bockius, „Antike Prahme und ihre Rolle in der Binnenschifffahrt der gallisch-germanischen Provinzen“, in: Brandt / Kühn (2004), S. 125–151.
- Bockius (2007): R. Bockius, *Schifffahrt und Schiffbau in der Antike*, Stuttgart 2007.
- Bockius (2008): R. Bockius, „Römische Kriegsschiffe auf der Mosel? Schiffsarchäologisch-historische Betrachtungen zum ‚Neumagener Weinschiff‘“, in: *Funde und Ausgrabungen im Bezirk Trier* 40 (2008), S. 37–49.
- Bockius (2009): R. Bockius, „Das ‚Neumagener Weinschiff‘ – vom Denkmal zur Replik“, in: H. G. Eiden (Hg.), *Das Neumagener Weinschiff. Eine Erfolgsgeschichte*, Trier 2009, S. 71–93.
- Boppert (1994): W. Boppert, „Caudicarii am Rhein? Überlegungen zur militärischen Versorgung durch die Binnenschifffahrt im 3. Jahrhundert am Rhein“, in: *AKB* 24 (1994), S. 407–424.
- Brandt / Kühn (2004): K. Brandt / H. J. Kühn (Hgg.), *Der Prahm aus dem Hafen von Haithabu. Beiträge zu antiken und mittelalterlichen Flachbodenschiffen*, Neumünster 2004.
- Broekaert (2013): W. Broekaert, *Navicularii et negotiantes. A prosopographical study of Roman merchants and shippers*, Rahden 2013.
- Clemens / Clemens (2007): G. Clemens / L. Clemens, *Geschichte der Stadt Trier*, München 2007.
- de Weerd (2001): M. D. de Weerd, „Römische Schiffsfunde von Zwammerdam: Lehren aus einer alten Grabung“, in: *Skyllis* (2001), 4, S. 96–110.
- Deru (2010): X. Deru, *Die Römer an Maas und Rhein*, Mainz 2010.
- Döpke (2016): A. Döpke, „Zur Leistungsfähigkeit antiker Prahme: Auswertung erster Treidelversuche mit einer Prahmrekonstruktion nach Funden aus Bevaix/Neuchâtel in der Schweiz“, in: *DGSM-Jahrbuch* (2016), S. 8–18.
- Dragendorff / Krüger (1924): H. Dragendorff / E. Krüger, *Das Grabmal von Igel*, Trier 1924.
- Drexhage (1991): H.-J. Drexhage, *Preise, Mieten / Pachten, Kosten und Löhne im römischen Ägypten bis zum Regierungsantritt Diokletians. Vorarbeiten zu einer Wirtschaftsgeschichte des römischen Ägyptens I*, St. Katharinen 1991.

- Drinkwater (1977/78): J. Drinkwater, „Die Secundinier von Igel und die Woll- und Textilindustrie in Gallia Belgica. Fragen und Hypothesen“, in: TZ 40/41 (1977/78), S. 107–125.
- Dünchem (2019): L. Dünchem, „Lebendige Geschichtsforschung – ein römischer Prahm im Test“, in: G. Moosbauer / C. Schäfer (Hgg.), Römischer Donauhafen Straubing. Antike Flußschifffahrt und Militär im Experiment, Straubing 2019, S. 135–139.
- Düring (1995): N. Düring, Materialien zum Schiffbau im Alten Ägypten, Berlin 1995.
- Fasold (2017): P. Fasold, Die Römer in Frankfurt, Regensburg 2017.
- Fellmeth (2002): U. Fellmeth, „Eine wohlhabende Stadt sei nahe ...“, Die Standortfaktoren in der römischen Agrarökonomie im Zusammenhang mit den Verkehrs- und Raumordnungsstrukturen im römischen Italien, St. Katharinen 2002.
- Ferdière (2011): A. Ferdière, Gallia Lugdunensis. Eine römische Provinz im Herzen Frankreichs, Mainz 2011.
- Führer (2008): Führer zu den archäologischen Denkmälern des Trierer Landes, hrsg. v. RLMT, Trier 2008.
- Gaspari (1998): A. Gaspari, „Das Frachtschiff aus Lipe im Moor von Laibach (Ljubljana)“, in: JRGZM 45 (1998), S. 527–550.
- Gilles (2010): K.–J. Gilles, Dampfschifffahrt auf der Mosel, Erfurt 2010.
- Göttlicher (2006): A. Göttlicher, Seefahrt in der Antike. Das Schiffwesen bei Herodot, Darmstadt 2006.
- Günther / Wawrzyn (2008): H. M. Günther / A. C. Wawrzyn, „Erprobung des Typs Oberstimm 1 auf dem Ratzburger See“, in: R. Aßkamp / C. Schäfer (Hgg.), Projekt Römerschiff. Nachbau und Erprobung für die Ausstellung ‚Imperium Konflikt Mythos – 2000 Jahre Varusschlacht‘, Hamburg 2008, S. 129–147.
- Günther / Wawrzyn (2016): H. M. Günther / C. Wawrzyn, „Technische Auswertungen der Testfahrten“, in: F. Brechtel / C. Schäfer / G. Wagener (Hgg.), Lusoria Rhenana. Ein römisches Schiff am Rhein. Neue Forschungen zu einem spätantiken Schiffstyp, Hamburg 2016, S. 236–250.
- Hägermann / Schneider (1997): D. Hägermann / H. Schneider, Propyläen Technikgeschichte. Landbau und Handwerk. 750 v. Chr. bis 1000 n. Chr., Berlin 1997.
- Heinen (2002): H. Heinen, Trier und das Trevererland in römischer Zeit, Trier 2002.
- Hengstl (1978): J. Hengstl, Griechische Papyri aus Ägypten als Zeugnisse des öffentlichen und privaten Lebens. Griechisch / deutsch, München 1978.
- Hornung (2008): S. Hornung, Luxus auf dem Lande. Die römische Palastvilla von Bad Kreuznach, Bad Kreuznach 2008.
- Höckmann (1985): O. Höckmann, Antike Seefahrt, München 1985.

- Höckmann (2004): O. Höckmann, Schiffahrt zwischen Alpen und Nordsee, in: L. Wamser (Hg.), Die Römer zwischen Alpen und Nordmeer, Düsseldorf 2004, S. 264–267.
- Jaschke (2009): K. Jaschke, „Tonnenweise Getreide. Die Versorgung der römischen Legionslager an der Lippe“, in: 2000 Varusschlacht. Imperium, hrsg. v. LWL-Römermuseum, Stuttgart 2009, S. 196–202.
- Johnson (1936): A. C. Johnson, Roman Egypt to the Reign of Diocletian. An Economic Survey of Ancient Rome II, New York 1936, ND 1975.
- Jördens (2007): A. Jördens, „Neues zum Trajanskanal“, Pap. Congr. XXIV 2004, (2007), S. 469–486.
- Kluge (2002): Kluge. Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache, 24. Aufl., bearbeitet v. E. Seebold, Berlin 2002.
- Kloft (2006): H. Kloft, Die Wirtschaft des Imperium Romanum, Mainz 2006.
- Leiverkus / Leiverkus (2017): P. Leiverkus / P. Leiverkus, Die 40 bekanntesten archäologischen Stätten entlang der Via Agrippa in Deutschland, Luxemburg und Frankreich, Mainz 2017.
- Lexner (1992): M. Lexner, Mittelhochdeutsches Taschenwörterbuch in letzter Hand, 2. ND der 3. Aufl. 1885, mit einem Vorwort v. E. Koller u.a. und einem biographischen Abriß v. H. Brunner, Stuttgart 1992.
- Mees / Pferdehirt (2002): A. Mees / B. Pferdehirt, Römerzeitliche Schiffsfunde in der Datenbank „Navis I“, Mainz 2002.
- Meyer (2003): H. Meyer, „Wider den Strom – Pferde in der Binnenschifffahrt“, in: Pferdeheilkunde 19 (2003), S. 278–282.
- Meyer-Termeer (1978): A. J. M. Meyer-Termeer, Die Haftung der Schiffer im Griechischen und Römischen Recht, Zutphen 1978.
- Meyr (2003): M. Meyr, Soldaten und Händler an der oberen Donau. Ein Führer durch das Römermuseum Mengen Ennetach, Remshalden 2003.
- Mirkovic (2007): M. Mirkovic, Moesia Superior. Eine Provinz an der mittleren Donau, Mainz 2007.
- Niemeier (2014): J.-P. Niemeier, Passau – Teil des Römischen Reiches. Museumsführer, Passau 2014.
- Olsson (1925): B. Olsson, Papyrusbriefe aus der frühesten Römerzeit, Uppsala 1925.
- Overschmidt / Gliewe (2015): H. Overschmidt / R. Gliewe, Sportbootführerschein Binnen, Segel, Motor, Bielefeld ¹⁶2015.
- Reinard (2016): P. Reinard, Kommunikation und Ökonomie. Untersuchungen zu den privaten Papyrusbriefen aus dem kaiserzeitlichen Ägypten, 2 Bde., Rahden 2016.
- Reinard (2019): P. Reinard, „... *et ceras mille ad usus vitae* – Wachs und seine ökonomische Bedeutung nach literarischen und papyrologischen Quellen“, in: MBAH 37 (2019), S. 225–259.

- Rohde (2012): D. Rohde, Zwischen Individuum und Stadtgemeinde. Die Integration von collegia in Hafenstädten, Heidelberg 2012.
- Ruppienè (2018): V. Ruppienè, „Marmora in der CUT und ihr Weg an den Niederrhein“, in: C. Eger (Hg.), Warenwege – Warenflüsse. Handel, Logistik und Transport am römischen Niederrhein, Xanten 2018, S. 407–422.
- Rupprecht (2005): H.-A. Rupprecht, Kleine Einführung in die Papyruskunde, Darmstadt 1994, ND 2005.
- Sauerbrei (1991): W. Sauerbrei, „Treideln am Mittelrhein“, in: 2000 Jahre Rheinschiffahrt. Begleitpublikation zur Ausstellung des Landesmuseums Koblenz und des Rhein-Museums e.V., Koblenz 1991, S. 65–72.
- Schäfer (2008): C. Schäfer, Lusoria. Ein Römerschiff im Experiment. Rekonstruktion – Tests - Ergebnisse, Hamburg 2008.
- Schäfer (2016a): C. Schäfer, „Öl für Germanien – Überlegungen zum römischen Fernhandel“, in: Scr-Merc. 45 (2016), S. 7–38.
- Schäfer (2016b): C. Schäfer, „Oil for Germany. Some Thoughts on Roman Long-Distance Trade“, in: C. Schäfer (Hg.), Connecting the Ancient World. Mediterranean Shipping, Maritime Networks and their Impact, Rahden 2016, S. 211–248.
- Schäfer / Hofmann-von Kap-herr (2017): C. Schäfer / K. Hofmann-von Kap-herr, „Experimentalarchäologie trifft auf Schifffahrt. Ein römischer Prahm im Test“, in: AW (2017), 5, S. 76–83.
- Schmidhuber-Aspöck (2018): G. Schmidhuber-Aspöck, „Binnenschifffahrt auf dem Rhein in römischer Zeit“, in: C. Eger (Hg.), Warenwege – Warenflüsse. Handel, Logistik und Transport am römischen Niederrhein, Xanten 2018, S. 229–243.
- Schneider (1992): H. Schneider, Einführung in die antike Technikgeschichte, Darmstadt 1992.
- Schneider (2012): H. Schneider, Geschichte der antiken Technik, München 2012.
- Schweinfurth / Gussenbauer (2011): G. Schweinfurth, Im Herzen Afrikas. Reisen und Entdeckungen in Zentralafrika 1868-1871, hrsg. v. H. Gussenbauer, Wiesbaden 2011.
- Schwinden (1989): L. Schwinden, „Gallo-römisches Textilgewerbe nach Denkmälern aus Trier und dem Trevererland“, in: TZ 52 (1989), S. 279–318.
- Schwinden (2009): L. Schwinden, „Dia Mosella – ‚Göttliche Mosel‘. Die Mosel als Lebensader und Verkehrsachse in römischer Zeit“, in: H. G. Eiden (Hg.), Das Neumagener Weinschiff. Eine Erfolgsgeschichte, Trier 2009, S. 95–113.
- Seiler (2015): St. Seiler, Die Entwicklung der römischen Villenwirtschaft im Trierer Land. Agrarökonomische und infrastrukturelle Untersuchungen eines römischen Wirtschaftsgebietes, Wiesbaden 2015.

- Sohn (2016): M. Sohn, „Kaffenkähne. Überraschungen beim Quellenstudium“, DGSM-Jahrbuch (2016), S. 19–34.
- Strobel (2019): K. Strobel, Kaiser Traian. Eine Epoche der Weltgeschichte, Regensburg ²2019.
- Thiel (2008): A. Thiel, Die Römer in Deutschland, Stuttgart 2008.
- Thompson (2012): D. J. Thompson, „P. Enteux. 27 and the Nile Transport of Grain under the Ptolemies“, in: Pap. Congr. XXVI 2010, (2012), S. 751–754.
- Ubl (1997): H. Ubl (Hg.), Museum Lauriacum. Schausammlung Römerzeit, Enns / Wien 1997.
- Vinson (1998): S. Vinson, The Nile Boatman at Work, Mainz 1998.
- Volk (1998): O. Volk, Wirtschaft und Gesellschaft am Mittelrhein vom 12. bis zum 16. Jahrhundert, Wiesbaden 1998.
- Warnecke (2006): H. Warnecke, „Segel“, in: H. Sonnabend (Hg.), Mensch und Landschaft in der Antike. Lexikon der Historischen Geographie, Stuttgart 2006, S. 463–464.
- Warnking (2015): P. Warnking, Der römische Seehandel in seiner Blütezeit. Rahmenbedingungen, Seerouten, Wirtschaftlichkeit, Rahden 2015.
- Warnking (2018): P. Warnking, „Der römische Seehandel“, in: C. Eger (Hg.), Warenwege – Warenflüsse. Handel, Logistik und Transport am römischen Niederrhein, Xanten 2018, S. 25–44.
- Wilkinson (2015): T. Wilkinson, Aufstieg und Fall des Alten Ägyptens. Die Geschichte einer geheimnisvollen Zivilisation vom 5. Jahrtausend v. Chr. bis Kleopatra, München ⁵2015.
- Zimmer (2018): K.-H. Zimmer, „Moselschiffahrt in der Antike“, in: MBAH 36 (2018), S. 145–166.

Abbildungen



Abb. 1a: Der Nachbau des Prahms nach dem Befund aus Bevaix / Neuchâtel.

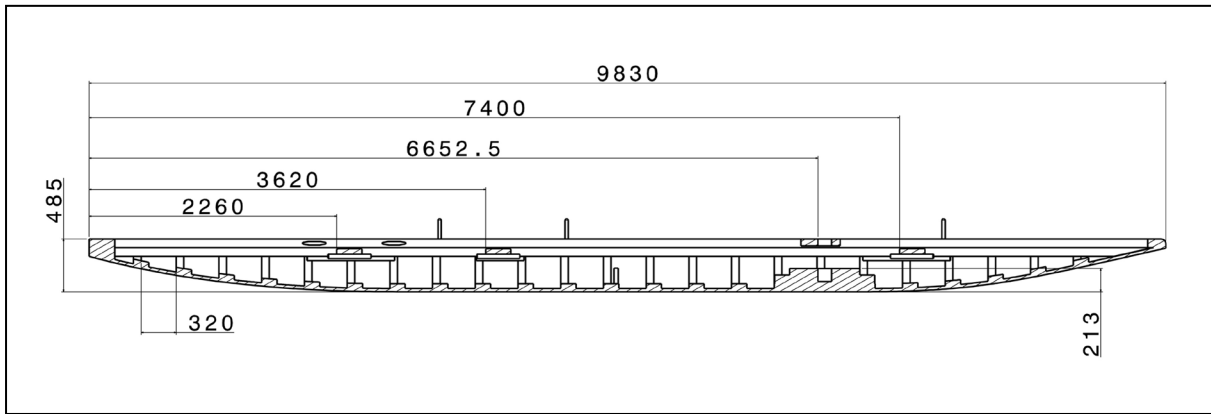


Abb. 1b: Konstruktionszeichnung: Nachbau des Prahms nach dem Befund aus Bevaix / Neuchâtel.

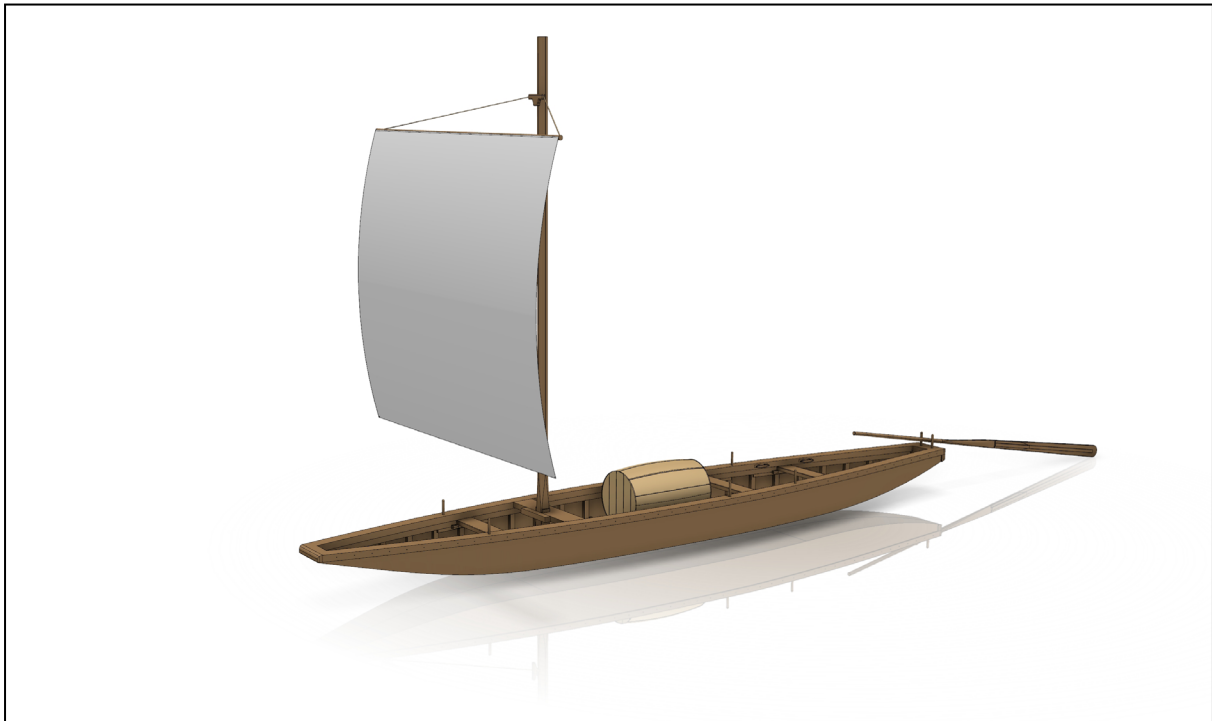


Abb. 2: Digitale Rekonstruktion des Prahms nach dem Befund aus Bevaix / Neuchâtel.

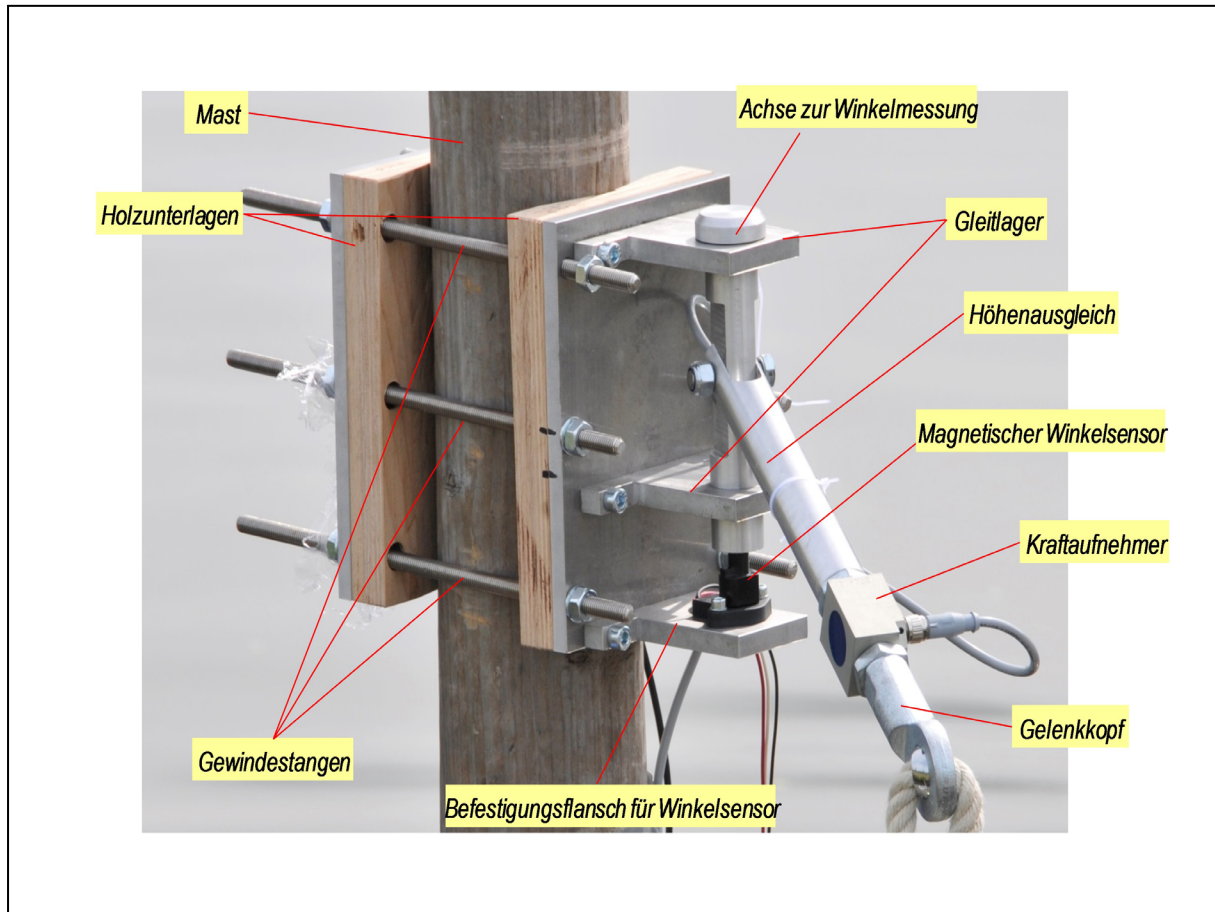


Abb. 3a: Messgeräte am Mast.

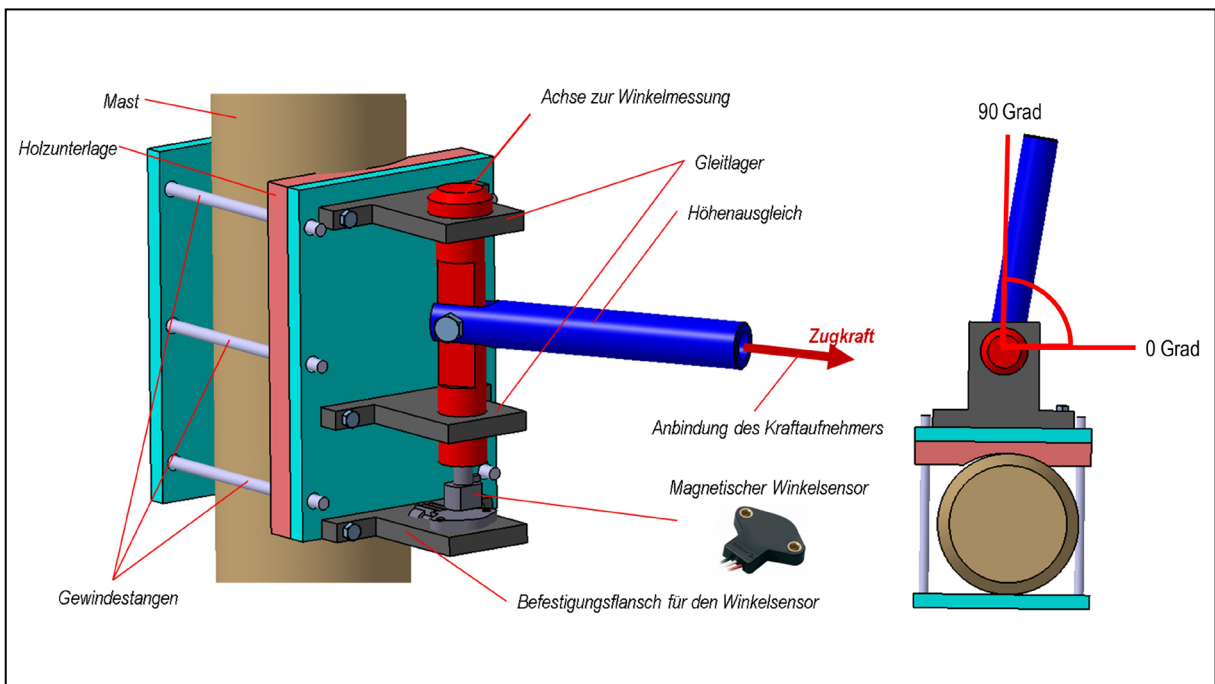


Abb. 3b: Schematische Zeichnungen der Messgeräte am Mast.

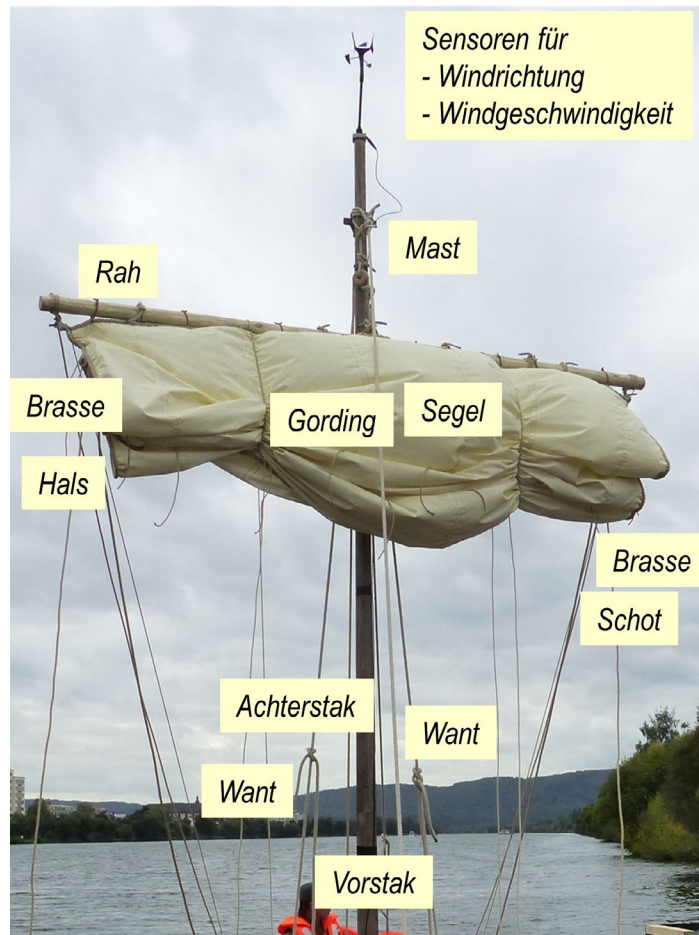


Abb. 4a: Takelage und Segel des Prahms nach dem Befund aus Bevaix / Neuchâtel.

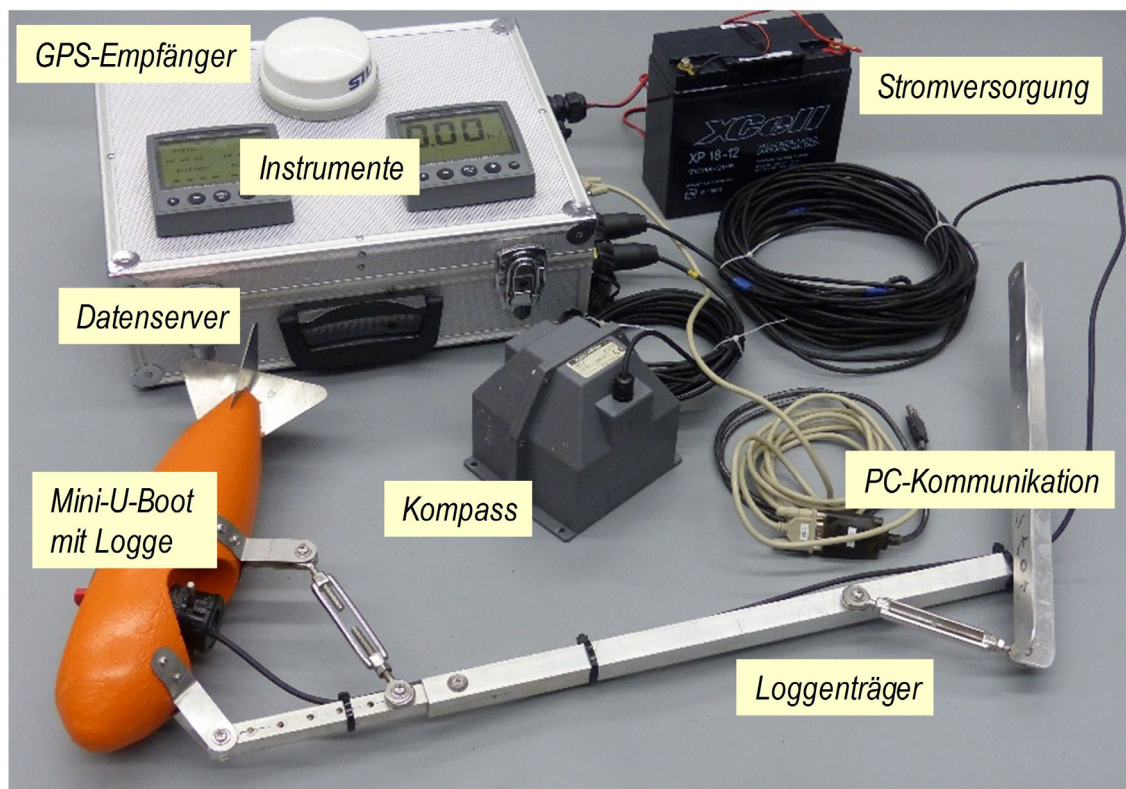


Abb. 4b: Messsystem zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs.



Abb. 5: Treideltest.



Abb. 6: Test des Stakantriebs.



Abb. 7: Segeltests mit Kentersicherung.



Abb. 8a: Segeltests.



Abb. 8b: Segeltests.

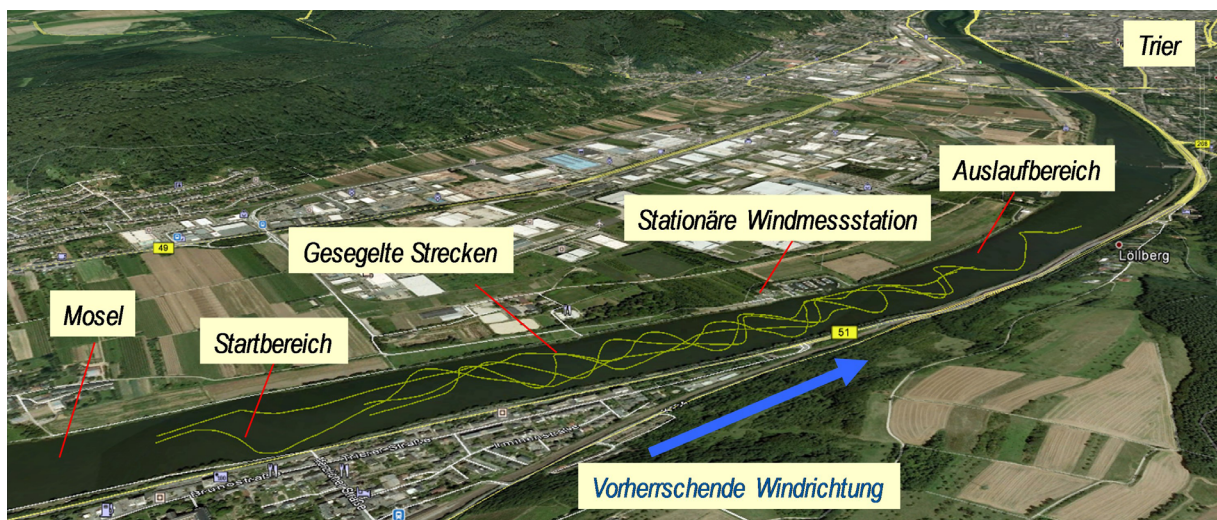


Abb. 9: Die Teststrecke zwischen Trier und Konz.

Autorenkontakt¹⁵⁸

Dr. Patrick Reinard

Universität Trier, Alte Geschichte
ZAT – Zentrum für Altertumswissenschaften
Universitätsring 5
54286 Trier (Deutschland)

Email: reinard@uni-trier.de

¹⁵⁸ Die Rechte der verwendeten Abbildungen liegen bei Christoph Schäfer und wurden dem Autor zur Verfügung gestellt.
Alle Inhalte dieses Beitrages unterstehen, soweit nicht anders gekennzeichnet, der Lizenz CC BY 4.0.

Zur Rekonstruktion antiker Verkehrswege

Klaus Tausend

Abstract: The reconstruction of ancient roads is mainly based on the following sources:

1. Descriptions of roads by ancient writers (e.g. Pausanias, Strabo).
2. The natural environment such as mountains or rivers.
3. Descriptions by travelers and maps from the 18th and 19th centuries, since the roadnetwork of that time rather closely resembled the ancient one.
4. Traces of ancient roads such as bridges, pavement and wheelruts.

Der Gegenstand

Wie der Titel verrät, beschäftigt sich die folgende kurze Darstellung mit den Möglichkeiten und Prinzipien, antike Verkehrswege zu rekonstruieren. Zunächst stellt sich jedoch die Frage, wieso man dies überhaupt tun sollte.

Zum einen liegt die Begründung darin, daß die Rekonstruktion dieser Wege eine zusätzliche Quellengattung eröffnet und das generelle Bild antiker Verhältnisse vervollständigt. Antike Verkehrswege bzw. die Rekonstruktionen des antiken Straßensystems einer Landschaft unterscheiden sich nämlich zuweilen erheblich von den modernen Straßenverhältnissen und erlauben daher ganz andere Schlussfolgerungen als diejenigen, welche bloß aufgrund der Gegebenheiten des heutigen Straßenbildes und Verkehrsnetzes gezogen werden können.¹

Zum zweiten kann die Kenntnis des antiken Straßennetzes sowie des Zustandes der jeweiligen Wege und das Wissen um den Zeitpunkt und den Zweck der Anlage eine wesentliche Quelle zur Beurteilung von Fragen der Wirtschaftsgeschichte, der Militärgeschichte und auch der politischen Geschichte darstellen. Hierzu seien nur drei Beispiele genannt:

1. Die engen wirtschaftlichen Beziehungen zwischen Athen und Euboia, die im 6. und 5. Jh. u.a. die Getreideversorgung Athens sicherten, werden erst plausibel, wenn man weiß, auf welchen Wegen das Getreide von der Insel nach Athen gelangen konnte, ohne den durch aiginetische Schiffe bedrohten Seeweg benutzen zu müssen.²

2. Die Tatsache, daß es den Spartanern unter Kleomenes III. gelungen ist, die Argiver völlig zu überraschen,³ ist nur erklärlich, wenn man die möglichen Verkehrswege von Lakonien in die Argolis kennt und zudem beurteilen kann, welcher Weg, mit welchen Truppenstärken, zu welcher Jahreszeit, in welchem

1 Pritchett (1965–1989).

2 Hdt. 1,61,2; 5,82–88.

3 Polyb. 2,64f.; Plut. Kleom. 49.

Zeitraum benutzt werden konnte. Hierzu ist es natürlich notwendig, nicht nur über den genauen Verlauf der möglichen Wege Bescheid zu wissen, sondern auch über die topographischen Gegebenheiten und den jeweiligen baulichen Zustand Kenntnis zu besitzen.

3. Im Jahre 369 wurde auf Initiative des Thebaners Epameinondas die neue Hauptstadt des arkadischen Bundes gegründet: Megalopolis.⁴ Diese neue Stadt liegt aber keineswegs in einer der wirtschaftlich wie politisch wichtigen Regionen Arkadiens im Osten der Landschaft, sondern im eher bedeutungslosen Südwesten Arkadiens.⁵ Die Lage einer großen befestigten Stadt der mit den Thebanern verbündeten Arkader⁶ erlaubte es allerdings, den wichtigsten und für größere Truppenbewegungen einzigen Verkehrsweg zwischen Sparta und seinen Verbündeten im Westen der Peloponnes – vor allem mit Elis – zu behindern oder sogar zu unterbinden. Die Gründung von Megalopolis diente also vornehmlich dazu, die Spartaner, die Feinde der Thebaner und Arkader, von ihren Verbündeten abzuschneiden, indem der Verbindungsweg kontrolliert wurde. Um dies aber zu verstehen, ist es notwendig, den genauen Verlauf dieses bedeutenden Verkehrs von Lakonien nach Elis zu kennen und auch mögliche Alternativen beurteilen zu können.

Die Vorgangsweise

Antike Texte

Ausgangspunkt für die Rekonstruktion antiker Verkehrswege sind die Beschreibungen oder auch nur Erwähnungen von Straßen bei antiken Schriftstellern. Im Idealfall handelt es sich hierbei um mehr oder minder genaue Schilderungen von Wegen, wobei diese Beschreibungen selbst einen wichtigen Bestandteil des Werkes eines Autors bilden. Solche Texte finden sich in erster Linie bei antiken Geographen wie Strabon oder bei Reiseschriftstellern (Periegeten), besonders bei Pausanias,⁷ der eine genaue Schilderung der griechischen Landschaften, ihrer natürlichen Gegebenheiten (Flüsse und Berge) und ihrer Bauten hinterlassen hat. Zu diesen zählen hierbei auch die Verkehrswege, deren genaue Route samt allen Stationen gewöhnlich beschrieben wird. Allerdings finden sich solche Texte, die den Verlauf einer Straße eingehend darstellen und kommentieren und somit deren Rekonstruktion relativ einfach gestalten, ziemlich selten.

Wesentlich häufiger findet sich die Erwähnung von Verkehrswegen im Zuge der Darstellung historischer Vorgänge bei antiken Geschichtsschreibern wie den Griechen Herodot, Thukydides, Xenophon und Polybios oder den römischen Autoren Livius, Tacitus und Ammianus Marcellinus.⁸ In diesen Texten ist meist nur der Ausgangspunkt und das Ziel einer Reise oder (häufig) eines Feldzuges erwähnt, bestenfalls ergänzt durch die Nennung der einen oder anderen Station auf dem Marsch oder durch die Schilderung einer besonderen topographischen Gegebenheit wie eines Flussüberganges oder eines Passes. Wenn also dermaßen spärliche Angaben in den Texten vorliegen, ist es nicht möglich, einen Verkehrsweg allein auf dieser Grundlage zu rekonstruieren, und es ist notwendig, den nächsten Schritt zu tun.

4 Diod. 15, 72, 4; Paus. 8, 27, 3f.

5 Pikoulas (1988).

6 Xen. hell. 7, 5, 5.

7 Einführend hierzu: Hutton (2005); Pretzler (2007).

8 Dillery (1995); Foster / Lateiner (2012); Grieb / Koehn (2013); Will (2015).

Betrachtung der Topographie

Hierzu werden möglichst detaillierte Satellitenaufnahmen⁹ des betreffenden Gebietes, in welchem der antike Verkehrsweg verlaufen sein muß, herangezogen. Auf der Basis solcher Bildinformationen ist es möglich zu beurteilen, wo in einer bestimmten Region natürliche Verkehrswege existiert haben könnten, wobei vor allem die Möglichkeit, die topographische Situation aus verschiedenen Winkeln – gleichsam wie ein 3D-Bild – zu betrachten, Auskünfte über Steilheit des Geländes, Begehbarkeit etc. liefern kann. Keinen Hinweis können diese Bilder jedoch über mögliche Veränderungen der Landschaft seit der Antike geben.¹⁰ Hier sei besonders auf etwaige Verlagerungen von Flussläufen und die vielleicht völlig andere Vegetation (Waldbestand) aufmerksam gemacht. Dazu ist es notwendig, einen Schritt zurück in die Geschichte zu tun.

Alte Karten

Eine Möglichkeit, den antiken Verhältnissen näher zu kommen, besteht in der Heranziehung historischer Karten, meist des 18. und 19. Jh.¹¹ Diese Karten verzeichnen sehr oft auch die zur jeweiligen Zeit vorhandenen Verkehrswege und zeigen auch die Bedeutung der einzelnen Wege (Hauptstraßen, Nebenwege, Saumpfade etc.) an. Da solche Verkehrswege des 18./19. Jh. den antiken Verhältnissen auf jeden Fall näher stehen als den heutigen durch den modernen Straßenbau veränderten, erlauben sie gewissermaßen eine Annäherung an die möglichen antiken Verkehrswege. Besonders aussagekräftig ist hierbei der Vergleich von historischen Karten aus verschiedenen Zeiten, da sie Konstanten und Veränderungen im Wegenetz einer Landschaft abbilden. Gerade diese Konstanten aber erlauben den vorsichtigen Schluss, daß sich die antiken Verhältnisse von der in den Karten verzeichneten Situation kaum unterschieden haben werden und somit eine annähernde Rekonstruktion einer antiken Straße erlauben.

9 Über „Google Maps“ und „Google Earth“ ist zumindest die Antike Welt sehr gut abgedeckt.

10 Zwar kann man Altarme feststellen. Ferner können die menschlichen Einflüsse (Begradigungen, Flurbereinigungen) in den Bildern festgestellt werden, eine Datierung vorzunehmen, erscheint mir jedoch unmöglich.

11 Eine umfangreiche Sammlung findet sich in der Gennadius Bibliothek der American School of Classical Studies at Athens. (URL: <https://www.ascsa.edu.gr/research/gennadius-library> [zuletzt gesehen am 04-05-2020]).



Abb. 1: Militärgeographisches Institut der österreichisch-ungarischen Monarchie unter der Leitung von Josef Scheda um 1860–70: Peloponnes, westliches Kreta aus der Generalkarte der europäischen Türkei und des Königreichs Griechenland. (Ausschnitt).

Reiseberichte aus dem 18. und 19. Jahrhundert

Ergänzend zu den Karten sind Reiseberichte (ebenfalls vornehmlich aus dem 18. und 19. Jh.) heranzuziehen. Diese Reisenden – für den griechischen Raum seien hier stellvertretend nur Puillon de Boblaye, Pouqueville, Gell, Leake und Dodwell genannt¹² – hatten zwar primär einerseits Interesse an den Bewohnern und generell an den Verhältnissen Griechenlands ihrer Zeit und andererseits an der Flora und Fauna des Landes und den Altertümern, die sie besuchten, beschrieben jedoch meist auch die Reiserouten, die sie wählten. Hierbei kommen die Wegverhältnisse zuweilen ebenso zur Sprache wie topographische Besonderheiten, vor allem aber die durch natürliche Hindernisse (Steilstücke, Schluchten, Flüsse etc.) auftretenden Probleme für den Reisenden. Da – wie schon oben dargelegt – die Wegverhält-

¹² Gell (1810); Dodwell (1819); Pouqueville (1820); Leake (1830); Puillon de Boblaye (1836).

nisse des 18./19. Jh. sich nicht grundlegend von denen des Altertums unterschieden, kann aus diesen Beschreibungen – noch mehr als aus den Karten – auf die antike Straßensituation der jeweiligen Region geschlossen werden. Als Beispiel für solche Schilderungen sei hier ein kurzer Abschnitt des Berichtes des Engländers William Gell aus dem frühen 19. Jh. gebracht:

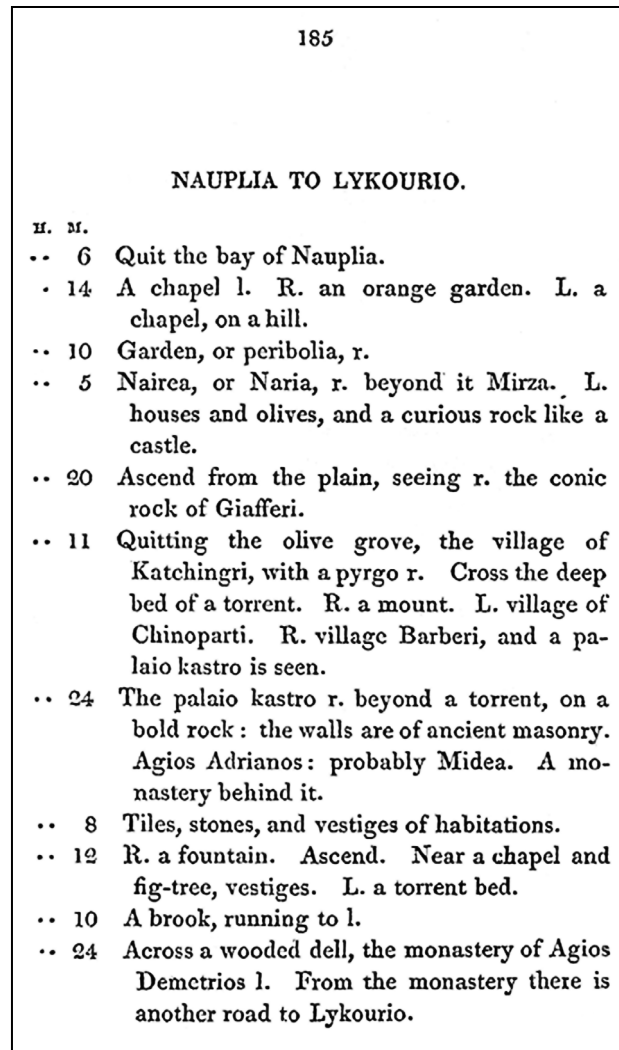


Abb. 2: William Gell, Itinerary of the Moreia, London 1817, S. 185.

Der Text zeigt eindrücklich die Genauigkeit der Wegangaben dieser frühen Schilderungen. Zudem können Reiseberichte und Karten des 18. und 19. Jh. über die natürliche, also die nicht durch menschliche (technische und bauliche) Eingriffe veränderte Verkehrswegssituation eines Gebietes Auskunft geben, doch lassen sie nur sehr selten – wenn antike Baureste der jeweiligen Straße erwähnt werden – Rückschlüsse darauf zu, ob ein natürlicher Verkehrsweg, der in der Antike hätte benutzt werden können, in dieser Zeit auch tatsächlich begangen wurde. Selbst wenn man aus dem eben genannten dies vermuten kann, so läßt sich doch keinesfalls sagen, ob es sich im jeweiligen Fall um eine größere, bedeutende Straße oder um nicht viel mehr als einen Pfad gehandelt hat, und zu welchem Zweck (Warenverkehr, militärische Operationen etc.) er genutzt wurde. Um diese Fragen beantworten zu können, ist es notwendig, sich ins Gelände zu begeben, um Spuren antiker Wege festzustellen.

Rekonstruktion von Wegen anhand von antiken Bauresten und anderen Spuren

Indirekte Spuren: Charakteristische Bauten entlang von Straßen

Als indirekte Hinweise auf den Verlauf einer antiken Straße dienen fortifikatorische Bauten, die gleichsam als charakteristisch für antike Verkehrswege – vor allem im griechischen Bereich – gelten können.

Am häufigsten anzutreffen sind Turmbauten unterschiedlicher Größe und Form. Es gibt sowohl Rundtürme mit einem Durchmesser zwischen 6 und 10 Metern sowie Türme mit quadratischem Grundriss von 5 mal 5 bis 10 mal 10 Metern.¹³



Abb. 3: Griechische Turmbauten in Arkadien und der Argolis. Links oben: Turm von Sta Nera; rechts oben: Turm von Agios Sostis; links unten: Turm von Berbati; rechts unten: Turm von Loutsas.

Solche Türme hatten gewöhnlich eine Besatzung von fünf bis acht Mann, lagen im relativ ebenen Gelände in unmittelbarer Nähe einer Straße und dienten zur Überwachung und Kontrolle des jeweiligen Verkehrsweges. Im militärischen Einsatzfall sollten sie den Vormarsch feindlicher Truppen beobachten und möglichst behindern; sie hatten jedoch auch zivile, den Handelsverkehr betreffende Funktionen, indem sie als Grenzposten und Zollstationen Dienst taten. Gemäß ihren Aufgaben werden solche Türme gewöhnlich als „Wachtürme“ bezeichnen.

Diese Türme sind jedoch zu unterscheiden von solchen ähnlicher, wenngleich meist etwas geringerer Größe, die auf deutlich erhöhten Positionen – auf Bergabhängen und Hügeln – gelegen sind. Sie dienten ausschließlich militärischen Zwecken, da sie militärische Bewegungen eines Feindes aus weiter

¹³ Lord (1939).

Entfernung entdecken und melden sollten. Dementsprechend bezeichnet man diese Türme als „Beobachtungstürme“. Über den Verlauf von Straßen geben sie nur bedingt Auskunft, da sie sich oft in großer Entfernung der Wege befanden.

Gleichen Zwecken wie die Wachtürme dienten die sogenannten “blockhouses”.¹⁴



Abb. 4: „Blockhouses“ der Argolis. Links oben: Pyramide von Helleniko; rechts oben: Pyramide von Helleniko; links unten: Miloti Turm; rechts unten: Miloti Turm.

Diese Anlagen – es gibt sie in rechteckiger und runder Form, zuweilen auch als Pyramidenstumpf – unterscheiden sich von den Türmen durch meist geringere Höhe aber wesentlich größere Grundfläche. Sie liegen ausschließlich in unmittelbarer Nähe von Straßen, zu deren Kontrolle und Überwachung sowohl in militärischer als auch in ziviler Hinsicht (Zollstationen) sie dienten. Ihre wesentlich stärkere Besatzung sowie die an den Schießscharten ablesbare Ausstattung mit Katapulten zeigt, daß *blockhouses* nur an den größeren und bedeutenden Straßen errichtet wurden, da auf diesen Verkehrswegen auch Truppenbewegungen größeren Ausmaßes, also ganzer Heere, zu erwarten waren. Diese Anlagen lassen somit nicht nur auf den genauen Verlauf einer antiken Straße, sondern auch auf deren Bedeutung – nicht nur in militärischer Hinsicht – schließen. Die mit Abstand größte Form fortifikatorischer Anlagen sind *Festungen*.

¹⁴ Zu diesen Anlagen und ihrer Bezeichnung siehe: Lord (1941).



Abb. 5: Festungen in der Argolis. Links oben: Festung von Kastraki; rechts oben: Festung von Kastraki; links unten: Arachnaion-Festung; rechts unten: Festung von Kazarma.

Diese eher selten anzutreffenden fortifikatorischen Anlagen finden sich nur entlang der Hauptstraßen einer Landschaft. Sie dienten vornehmlich militärischen Zwecken und wurden meist an der Grenze eines Polis-Territoriums errichtet; sie hatten die Aufgabe, einen Aggressor bereits an der Grenze abzuwehren und einen Einfall ins wirtschaftlich wichtige Fruchtländ und somit dessen Verwüstung zu verhindern. Auf jeden Fall zeigt die Existenz einer Festung an, daß in unmittelbarer Nähe der bzw. ein Hauptverkehrsweg einer Landschaft verlief. Übrigens sind es meist diese Wege, an denen Festungen standen, die auch von antiken Autoren wie Pausanias, aber auch Thukydides und Xenophon gelegentlich erwähnt werden.¹⁵

Direkte Spuren: Überreste antiker Straßen

Direkte Spuren finden sich fast ausschließlich in schwierig zu begehendem, meist steilem Gelände, d.h. an den Abhängen von Hügeln und Bergen und im Gebirge selbst. Fast nie haben sich solche Spuren auf flachem, ebenem Terrain erhalten. Der Grund dafür liegt zum einen in der Tatsache, daß nur ein steiniger Untergrund geeignet ist, Spuren zu bewahren – Bedingungen, die auf Erde nicht gewährleistet sind. Zum anderen war es nur im schwierigen, steilen Gelände notwendig, daß menschliche Eingriffe vorge-

¹⁵ So etwa Paus. 2,24,6f. oder Paus. 2,15,2 sowie Hdt. 5,82–88 und 6,92,9.

nommen wurden, die eine Begehrbarkeit ermöglichten. Eben diese Spuren technischer Maßnahmen sind es aber, welche die Existenz und den Verlauf einer antiken Straße belegen können.

Die bei weitem häufigste Form solcher Eingriffe sind *Trassierungen*. Diese mußten vorgenommen werden, wenn beispielsweise die Oberfläche des Terrains zu uneben war, um eine ungehinderte Begehung zu ermöglichen. In diesem Falle genügte es, weitestgehend Planierungen vorzunehmen, d.h. Felsstücke und größere Unebenheiten zu entfernen. Im steilen Gelände, in dem Wege meist an den Abhängen von Hügeln oder Bergen verliefen, mußte der von Natur aus schräge Untergrund begradigt werden. Hierzu war es oft notwendig, daß Erde oder gar Felsen abgegraben wurden und somit ein deutlicher Einschnitt ins Gelände geschaffen wurde. Besonders auffallend sind diese Abarbeitungen natürlich, wenn es sich um wichtige Verkehrswege handelt, deren Breite oft mehrere Meter betragen mußte. Gerade diese Maßnahmen ermöglichen es uns aber, nicht nur den genauen Verlauf einer Straße – zuweilen über mehrere hundert Meter – zu verfolgen, sondern aufgrund der jeweiligen Breite auch Rückschlüsse auf die Bedeutung des Weges zu ziehen. Daß hinsichtlich der militärischen Nutzung gewöhnlich nur breite Wege von größeren Truppen benutzt werden konnten, versteht sich von selbst, aber auch für den zivilen Warenverkehr gibt die Breite eines Weges Aufschluss über dessen Nutzung. Schmale Wege konnten nur mit Tragtieren (Maultieren oder Eseln) zum Warentransport begangen werden; größere Transportkapazitäten hatten natürlich Ochsenkarren, die jedoch auch wesentlich breitere Wege erforderten. Besonders breite Trassierungen lassen Rückschlüsse auf eine sehr intensive Nutzung, d.h. eine hohe Verkehrsfrequenz, zu, da sie dazu ausgelegt waren, daß – zumindest an einigen Stellen – zwei Ochsenkarren aneinander vorbeifahren konnten bzw. an Ausweichstellen abwarten konnten, bis der entgegenkommende Karren passiert hatte.



Abb. 6: Griechische Straßentrassierungen (Argolis und Arkadien). Links oben: Weg bei Koliaki; rechts oben: Anigraia; links unten: Weg bei Elaiochori; rechts unten: Weg bei Aidonia.

Zuweilen wurden die Trassen griechischer Straßen auch mit einer Pflasterung versehen. Diese bestand aus unbehauenen, unregelmäßigen flachen Steinplatten, die in den Untergrund gedrückt wurden. Meist geschah dies in unmittelbarer Nähe von Siedlungen, da hier die Benutzung und somit die Beanspruchung der Wege ungleich höher war als in größerer Entfernung von den Ortschaften. Außerhalb der Siedlungen finden sich Pflasterungen vornehmlich an Stellen, die entweder stärker durch den Verkehr beansprucht waren – z.B. wegen der Steigung des Weges – oder weil sie aufgrund von Witterungseinflüssen wie Regengüssen, kleinen Wasserläufen oder Schmelzwässern (im Frühjahr) von Unterspülung betroffen sein konnten und daher Gefahr liefen, weggespült zu werden. Generell gilt, daß auch Abschnitte des Weges, die zwar in steilem Gelände gelegen waren, jedoch nicht auf steinigem, sondern erdigem Untergrund verliefen, zuweilen gepflastert wurden. Insgesamt sind all diese Pflasterungen allerdings relativ selten anzutreffen, wenn man von den Zonen im nächsten Umkreis der Orte einmal absieht.



Abb. 7: Pflasterung griechischer Straßen (Argolis). Links oben: Anigraia; rechts oben: Weg bei Epidauros; links unten: Weg bei Koliaki; rechts unten: Weg bei Kephalaria.

Eine weitere Maßnahme zur baulichen Sicherung und Stabilisierung von Wegen stellen *Stützmauern* dar. Diese finden sich gewöhnlich im steilen oder zumindest leicht abschüssigen Gelände, indem sie einen Weg auf der hangabgewandten Seite – oft über weite Strecken – abstützten. Sie waren aus meist unbehauenen Steinen errichtet und konnten eine Höhe bis zu zwei Metern aufweisen; gewöhnlich waren sie allerdings nur etwa 50 cm hoch. Da diese steinernen Stützmauern oft ziemlich lose gefügt waren, bestand immer die Gefahr, daß bei Regenfällen vom Hang herabfließendes Wasser die Mauer unterspülte und schließlich wegriss. Um dies zu verhindern, wurden an Stellen, an denen das Wasser gewöhnlich herabließ, kleine Durchlässe in der Stützmauer offengelassen, durch die das Wasser ungehindert fließen konnte, ohne den Rest der Mauer zu beschädigen. In den gebirgigen Regionen Griechenlands finden sich solche Stützmauern von Wegen ziemlich häufig.



Abb. 8: Stützmauern unterschiedlicher Höhe (Argolis und Arkadien). Links oben: Kontoporeia; rechts oben: Stützmauer im Kakorema; links unten: Kontoporeia; rechts unten: Wegtrasse bei Ano Phanari.

All diese Spuren, Trassierungen, Pflasterungen und Stützmauern, die eindeutig den Verlauf und die Breite eines *alten* Weges belegen, haben jedoch ein großes Manko: Während diese direkten Wegspuren den exakten Verlauf eines *alten* Weges zeigen können, sind sie nicht in der Lage, „alt“ genauer zu spezifizieren. „Alt“ bedeutet hier nur, daß der Weg schon vor der Zeit des modernen Straßenbaus (im 20. Jh.) existiert hat. Doch kann die Bezeichnung nicht bezeugen, ob er aus der Antike, dem Mittelalter oder (in Griechenland) aus der Zeit der Türkenherrschaft stammt. Allerdings gilt auch in diesem Zusammenhang, was schon über natürliche Verkehrswege gesagt wurde, nämlich daß diese Wege zu allen Zeiten begangen werden konnten und in vielen Fällen tatsächlich immer benutzt wurden. Bewiesen – etwa für die Antike – kann dies im Einzelfall lediglich anhand solcher Wegreste freilich nicht werden. Hierzu bedarf es archäologisch datierbarer Beifunde auf oder entlang dieser Straßenspuren; in erster Linie sind dies Bearbeitungsspuren von Steinen (bei den Stützmauern), Keramikreste oder anderes *verlorenes* Material, wie etwa Münzen.

Als direkte Spuren von Wegen, die zweifelsohne eine antike Benutzung belegen, kommen zunächst Bauten in Frage, die der Straße selbst dienten und aufgrund der Bauweise datiert werden können, nämlich *Brücken*.



Abb. 9: Mykenische Brücken in der Argolis. Links oben: Brücke bei Kazarma; rechts oben: Brücke westl. von Kazarma; links unten: Brücke östl. von Kazarma; rechts unten: Brücke von Limniatis.

Diese wohl spektakulärsten Wegreste antiker Straßen finden sich im griechischen Bereich allerdings ziemlich selten, da über lange Zeiträume (12. Jh. bis 4. Jh. v. Chr.) Brücken in Griechenland vornehmlich aus Holz gebaut wurden. Steinbrücken wurden vor allem in mykenischer Zeit errichtet – aus dieser Zeit stammen auch die eindrucksvollen Beispiele aus der Argolis –, und dann erst wieder im Hellenismus und in römischer Zeit.¹⁶ Natürlich wurden auch noch in nachantiker Zeit Steinbrücken in Griechenland errichtet, wobei solche aus dem Mittelalter sehr selten sind, Brücken aus osmanischer Zeit aber häufiger vorkommen.

¹⁶ Zu den Brücken der Argolis siehe: Protonotariou-Deilaki (1973); Hope (1980).



Abb. 10: Hellenistische Brücke bei Eleutherna (Kreta).



Abb. 11: Osmanische Brücke über den Megalopotamos (Kreta).

All diese Steinbrücken aus verschiedenen Zeiten unterscheiden sich deutlich in Form, Bauweise und verwendeten Materialien, so daß jede Brücke sehr genau datiert werden kann. Somit können diese Bauten sowohl über den Zeitpunkt ihrer Entstehung als auch über den zu dieser Zeit benutzten Weg Auskunft geben. Da die Errichtung solcher Steinbrücken jedoch sehr aufwendig war, wurden sie weit über ihre Entstehungszeit hinaus benutzt – über einige mykenische Brücken (14./13. Jh. v. Chr.) fahren noch heute Traktoren und Kleinlastwagen –, so daß ihre Existenz auch die Benutzung einer Straße in viel späterer Zeit belegt. Vor allem gilt dies für mykenische Brücken, die wohl die gesamte Antike hindurch

begangen wurden, was somit auch für die über diese Brücken führenden Straßen gilt.¹⁷ Gleichzeitig belegt der Aufwand, der für die Errichtung, aber auch für die Instandhaltung der Brücken notwendig war, die Wichtigkeit des jeweiligen Verkehrsweges, wobei neben dem militärischen in erster Linie wohl der wirtschaftliche Aspekt ausschlaggebend war.

Die vierte Art der direkten, den Verlauf einer antiken Straße mit Sicherheit anzeigenden Spuren ist gleichzeitig eine der häufigsten – zumindest häufiger als bauliche Reste – und diejenige, die eine Datierung in die Antike am sichersten gewährleistet: *Wagenspuren*.



Abb. 12: Wagenspuren in der Argolis und in Arkadien. Links oben: Wagenspuren am Alonaki; rechts oben: Wagenspuren von Mermingolongos; links unten: Wagenspur am Tretos; rechts unten: Wagenspuren von Stephani.

Wagenspuren haben sich vor allem auf den Trassierungen antiker Wege erhalten, sind aber des Öfteren auch im Gelände außerhalb trassierter Straßenstücke zu finden. Gerade letztere ermöglichen es aber, den Verlauf eines antiken Verkehrsweges auch dort zu verfolgen, wo andere Wegspuren fehlen. Wagenspuren entstehen dadurch, daß sich die Räder schwer beladener Wagen in den felsigen Untergrund graben und daher sehr charakteristische glatte Rillen hinterlassen. Solche Spuren können in Griechenland zwischen 5 cm und etwa 20 cm tief sein und sind bisweilen nur 10 cm bis 20 cm lang, es gibt jedoch auch Spurrillen, die mehrere hundert Meter weit zu verfolgen sind. Die Tiefe der Spuren gibt deutlich Auskunft über die Häufigkeit der Benutzung eines Weges durch Lastkarren, da die Fahrzeuge immer wieder in denselben Spurrillen gefahren sind. Besonders häufig und dicht befahrene Straßen sind daran ersichtlich, daß oft mehrere Geleise – so nennt man parallele Spurrillen – nebeneinander erkennbar

¹⁷ Hope (1980).

sind, wie etwa in der Abbildung links unten zu sehen ist.¹⁸ Tiefe und Anzahl nebeneinanderliegender Wagenspuren geben somit klare Auskunft über die Verkehrsfrequenz auf einer Straße und somit über die wirtschaftliche Bedeutung des Verkehrsweges.

Besonders wichtig sind die schon erwähnten Geleise, also die parallelen Spurrillen, da aus diesen die Spurweite der Wagen abgelesen werden kann. In der Antike ist diese Spurweite gleichsam normiert, da sie sich an der Breite zweier nebeneinander gehender Ochsen orientiert. Sie beträgt die gesamte Antike hindurch ca. 145 cm und unterscheidet sich dadurch von den wesentlich schmäleren Spuren mykenischer oder mittelalterlicher Wagen, da diese von Pferden bzw. Maultieren gezogen wurden. Im Übrigen sind diese 145 cm Spurweite bezeugenden Wagenspuren – also die antiken – die bei weitem häufigsten in den griechischen Landschaften.

Als Beispiel, wie die Rekonstruktion einer antiken Straße anhand der verschiedenen Wegspuren aussieht sei hier die des Weges von Argos nach Epidauros gebracht:



Abb. 13: Der antike Weg von Argos nach Epidauros.

Wie in der kurzen Betrachtung antiker (griechischer) Verkehrswege zu zeigen versucht wurde, sind mehrere Methoden zur Rekonstruktion antiker Straßen in dem einen oder anderen Fall zielführend. Um aber wirklich Klarheit über den Verlauf und die Bedeutung eines Weges zu erlangen, ist die Autopsie im Gelände jedoch unbedingt erforderlich. Annähernd Sicherheit in diesen Fragen ist schließlich nur zu erreichen, wenn die einen Weg belegenden Wagenspuren gefunden und hinsichtlich ihrer Aussagekraft interpretiert werden können. Um es mit den Worten meines Freundes und Kollegen Iannis Pikoulas – denen ich mich in dieser Schärfe jedoch nicht ganz anschließen kann – zu sagen: *αρχαίοι δρόμοι χωρίς αρματροχίες δεν είναι αρχαίοι δρόμοι*.

¹⁸ Grundlegend zu Wagenspuren im griechischen Raum (besonders auf der Peloponnes) siehe: Pikoulas (1995).

Literatur

- Dillery (1995): J. Dillery, Xenophon and the History of his Times, London / New York 1995.
- Dodwell (1819): E. Dodwell, Classical and Topographical tour through Greece during the years 1801, 1805 and 1806, London 1819.
- Foster / Lateiner (2012): E. Foster / D. Lateiner (Hgg.), Thucydides and Herodotus, Oxford u. a. 2012.
- Gell (1810): W. Gell, Itinerary of Greece, Argolis, London 1810.
- Gell (1817): W. Gell, Itinerary of the Morea: Being a Description of the Routes of that Peninsula, London 1817.
- Grieb / Koehn (2013): V. Grieb / C. Koehn (Hgg.), Polybios und seine Historien, Stuttgart 2013.
- Hope (1980): R. Hope Simpson, Mycenaean Greece, Park Ridge 1980.
- Hutton (2005): W. Hutton, Describing Greece. Landscape and literature in the 'Periegesis' of Pausanias, Cambridge 2005.
- Leake (1830): W. M. Leake, Travels in the Morea. With a Map and Plans, London 1830.
- Lord (1941): L. E. Lord, "Blockhouses in the Argolid", in: *Hesperia* 10 (1941), S. 93–109.
- Lord: (1939): L. E. Lord, "Watchtowers and Fortresses in Argolis", in: *AJA* 43 (1939), S. 78–84.
- Pikoulas (1988): I. Pikoulas, Megalopolis, Athen 1988.
- Pikoulas (1995): I. Pikoulas, *Odiko diktyo kai amyna*, Athen 1995.
- Pouqueville (1820): F. C. H. L. Pouqueville, Voyage de la Grèce, Paris 1820.
- Pretzler (2007): M. Pretzler, Pausanias, Travel Writing in Ancient Greece, London 2007.
- Pritchett (1965–1989): W. K. Pritchett, Studies in Ancient Greek Topography I–VI, Berkeley 1965–1989.
- Protonotariou-Deilaki (1973): E. Protonotariou-Deilaki, „Kazarma“, in: *ADelt* 28 (1973) Chron. 94.
- Puillon de Boblaye (1836): M. E. Puillon de Boblaye, Expédition scientifique de Morée ordonnée par le gouvernement française. Recherches géographiques sur les ruines de la Morée, Paris 1836.
- Tausend (2006): K. Tausend, Verkehrswege der Argolis. Rekonstruktion und historische Bedeutung, Stuttgart 2006.
- Will (2015): W. Will, Herodot und Thukydides. Die Geburt der Geschichte, München 2015.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Militärgeographisches Institut der österreichisch-ungarischen Monarchie unter der Leitung von Josef Scheda um 1860–70: Peloponnes, westliches Kreta aus der Generalkarte der europäischen Türkei und des Königreichs Griechenland. (Ausschnitt). Public domain: URI: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:10_-_Peloponnes,_%C3%B6stl_Kreta,_Scheda-Karte_europ_T%C3%BCrkei.jpg (zuletzt abgerufen 04-05-2020).

Abb. 2: Scan: Google Books, Nachbearbeitung Leif Scheuermann.

Abb. 3–9 und 12: Alle Rechte liegen beim Autor. Siehe auch: Tausend (2006).

Abb. 10: Altgriechische Kragsteinbrücke bei Eleutherna auf der Insel Kreta (Griechenland). Blick nach Süden. Petr Novak / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eleutherna_Bridge,_Crete,_Greece._Pic_01.jpg (zuletzt abgerufen 04-05-2020).

Abb. 11: Große Brücke (μεγάλη γέφυρα) über den Megalopotamos, erbaut 1850 bis 1852, Gemeinde Agios Vasilios, Regionalbezirk Rethymno, Kreta, Griechenland. Olaf Tausch / CC BY-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>). URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Megalopotamos_Br%C3%BCke_01.jpg (zuletzt abgerufen 04-05-2020).

Abb. 13: Karte: Google-Earth, Graphik der Autor, Nachbearbeitung Leif Scheuermann.

Autorenkontakt¹⁹

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. phil. Klaus Tausend

Institut für Antike
Karl-Franzens-Universität, Graz
Universitätsplatz 3/II
8010 Graz, Austria

¹⁹ Die Rechte für Inhalt, Texte, Graphiken und Abbildungen liegen, wenn nicht anders vermerkt, bei dem Autor. Alle Inhalte dieses Beitrages unterstehen, soweit nicht anders gekennzeichnet, der Lizenz CC BY 4.0.

Möglichkeiten und Grenzen der Quantifizierung und Modellierung von antiken Handels-Transportbedingungen – aus ökonomischer Sicht

Ulrich Fellmeth

Abstract: What can economic history contribute to a “simulation of trade and transport in the ancient world”? Assuming freight costs in absolute figures is misleading, it is more correct to express profits and costs of commercial transactions as a proportion of the value of goods and never to lose sight of the profitability of such transactions. The state of research on the ranges of trade in ancient times (local, regional and long-distance trade) provides results that are far too rough and cannot form the basis for a simulation. A method is proposed here which, based on trading events known from sources, summarizes profits, costs and profitability in mathematical equations/algorithms. The respective variables of the equation are then adjusted step by step in order to achieve a reasonable profitability. The values found in this way are adjusted and at the same time gradually consolidated on the basis of various trading events. Such equations could possibly be used in a simulation of trade and transport. Of course, separate models would have to be created for specific groups of goods, modes of transport, regions and time periods. Whether such a collection of rather complex models could serve as a basis for a “simulation of trade and transport in antiquity” seems questionable.

Die Frage steht im Raum, ob sich aussagekräftige Daten für eine „Simulation von Handel und Verkehr“ in der antiken Welt auffinden lassen.¹ Bei solchen Versuchen, die antike Welt durch Computersimulationen zu rekonstruieren, meint der unvoreingenommene Betrachter gelegentlich, dass ‚vor lauter Wald die Bäume übersehen werden‘. Was in diesem Beitrag zu dieser Frage beigetragen werden kann, ist eine ökonomische Perspektive auf die antiken Verkehrswege und den Handel. Dabei werden die Kosten für den Transport und letztlich die Reichweiten antiken Handels im Westen des römischen Reiches vom 1. vorchristlichen bis zum 3. nachchristlichen Jahrhundert im Fokus stehen.

Möglichkeiten und Grenzen von ORBIS

Es gibt schon ein Modell, das induktiv, ausgehend von absoluten Zahlen Verkehrswege und Kosten der Nutzung in der antiken Welt errechnet und auf Karten abbildet. ORBIS – The Stanford Geospatial Network Model of the Roman World² geht, gestützt auf Überlegungen von R. Duncan-Jones,³ J. Rougé⁴ und

1 So das Programm der Tagung „Simulation von Handel und Verkehr in Kriegs- und Friedenszeiten der Antike“, am 17. und 18. Oktober 2019 in Graz, veranstaltet vom Zentrum für Informationsmodellierung, Karl-Franzens-Universität Graz.

2 ORBIS The Stanford Geospatial Network Model of the Roman World. (orbis.stanford.edu/ [zuletzt abgerufen am 19-05-2020]).

3 Duncan-Jones (1982), S. 367–368.

4 Rougé (1966), S. 98–99.

P. Arnaud⁵, ganz wesentlich von den Frachtkosten im Preisedikt aus dem Jahre 301 n. Chr. aus. Einmal abgesehen davon, dass dieses Edikt lediglich Preis-*Ober*-Grenzen in einer wirtschaftlich und politisch turbulenten Zeit angibt, scheint das daraus generierte Modell bei ORBIS auch nur sehr verallgemeinernde Aussagen zuzulassen. Überdies werden dort etwa regionale Besonderheiten beim Straßen- oder Karawanentransport, oder bei den Transporten über Binnengewässer übersehen.

Auch der ökonomische Aspekt gerät aus dem Blick: Zunächst scheint die Modellierung für den Transport über das Meer bei ORBIS überzeugend, da die Transportzeit und nicht die schiere Entfernung herangezogen wird. In den jeweiligen Transportzeiten werden die im Einzelnen schwer zu quantifizierenden Faktoren wie Topographie, Straßenbeschaffenheit, Richtung der Flussschifffahrt, Fluss-, Meeres- oder Windströmungen verallgemeinernd versucht zu integrieren. Doch wird etwa ein Seeschiff mit 300 Tonnen Zuladung gegenüber einem 70-Tonner bei ungefähr gleicher Fahrtzeit und nicht proportional höheren Kosten einen erheblich höheren Ertrag erbringen?⁶ Oder anders ausgedrückt: Die am Ertrag zehrenden Frachtkosten werden beim größeren Schiff minimiert (Skaleneffekte). Solcherlei ist bei ORBIS nicht berücksichtigt.

Auch werden bei ORBIS etwa die Preise für Transporte, unabhängig vom Transportwiderstand und Wert der transportierten Waren, von den im Preisedikt von 301 n. Chr. genannten absoluten Zahlen zum Transport von Getreide hochgerechnet.

Überdies besitzen wir nur eine Handvoll Informationen zu Preisen und Transportkosten aus der Antike. Dies erlaubt es uns nicht, nach Jahrzehnten, ja nicht einmal nach Jahrhunderten zu differenzieren. Wenn wir jedoch eine Zeit von der späten römischen Republik bis zur konstantinischen Ära überblicken, so betrachten wir einen Zeitraum, in der nicht unerhebliche, Ende des 3. Jahrhunderts sogar rasante inflationäre Prozesse stattgefunden haben. Wenn wir also Preise in absoluten Zahlen aus dem 1. Jahrhundert mit solchen im 3. Jahrhundert vergleichen, dann vergleichen wir Äpfel mit Birnen.

Dies alles erlaubt dann keine differenzierte Aussage zum Gewinn- und Verlustergebnis beim Transport verschiedenartiger Güter. Ich will an zwei Beispielen zeigen, was damit gemeint ist.

Transport Weizen Fayum – Rom	ORBIS: 3,2 bis 3,9 Denare/kg =	13 bis 16 HS/kg
Marktpreis Weizen Rom	4 bis 6 HS/modius =	0,6 bis 0,9 HS/kg
Bei 0 HS Einkaufs- und sonstigen Kosten		
=> 12 bis 15,5 HS/kg Verlust		
Transport Weizen Syracusae – Rom	ORBIS: 0,83 Denare/kg =	3,3 HS/kg
Marktpreis Weizen Rom	4 bis 6 HS/modius =	0,6 bis 0,9 HS/kg
Bei 0 HS Einkaufs- und sonstigen Kosten		
=> 2,4 bis 2,7 HS/kg Verlust		

Tab. 1: Vereinfachte Gewinn- und Verlustrechnung beim Handel von Weizen aus dem Fayum-Becken und aus Sizilien nach Rom, bei Anwendung der von ORBIS angegebenen Frachtkosten.

⁵ Arnaud (2007), S. 330–336.

⁶ Zur hier verwendeten Terminologie: Ertrag = Erlös der Ware am Zielort – Einkaufskosten am Herkunftsort.

Wir wissen, dass etwa aus dem Fayum-Becken in Ägypten Weizen nach Rom gehandelt wurde – und zwar im freien Handel.⁷ ORBIS gibt für die kostengünstigste Transportvariante von 1 kg Weizen vom Fayum nach Rom zwischen 3,2 und 3,9 Denare Transportkosten an. Der Marktpreis für Weizen in Rom lag bei 4–6 HS *pro modius*,⁸ das sind 0,6 bis 0,9 HS pro kg.⁹ Selbst wenn der Weizen in Ägypten kostenlos gewesen wäre, keine Transaktions-, Finanzierungs-, Verlade- und Lagerkosten entstanden, keine Zölle, Steuern und Abgaben zu leisten gewesen wären, hätte der Händler maximal 0,9 HS pro kg Weizen gewinnen können, aber zwischen 13 und 16 HS Kosten gehabt. Im günstigsten Falle käme dann ein Verlust von 12 HS pro kg oder das 13-fache des Warenwerts heraus. Tatsächlich war der Weizen in Ägypten aber keineswegs kostenlos¹⁰ und die Summe der sonstigen Kosten hoch.

Nach derselben Rechnung gibt ORBIS für Weizen aus Sizilien Transportkosten von knapp über 3 HS pro kg Weizen an. Bei Marktpreisen in Rom von 0,6 bis 0,9 HS ergäbe sich ein Mindest-Verlust von 2–2,5 HS pro kg Weizen.¹¹

Hier kann etwas nicht stimmen. Man wird wohl annehmen dürfen, dass römische Handelsleute solch verlustreiche Geschäfte nicht einmal erwogen hätten. Überdies ist es mehr als fraglich, ob die im Diokletianischen Preisedikt genannten Zahlen und Relationen zwischen den Transportarten für schwere Massengüter, so ohne weiteres auf andere Güter, etwa Seide, Gewürze, Bernstein etc. übertragbar sind. ORBIS gibt jedenfalls bezeichnenderweise nur die Frachtkosten für ein kg Weizen an.

Ein neuer Ansatz

Ein solches Arbeiten mit absoluten Zahlen, wie etwa bei ORBIS, ist also aus der ökonomischen Perspektive durchaus problematisch. Richtiger wäre es wohl, von der Rentabilität her zu denken.¹² Es geht also um die Frage, welche Waren welche Erträge auf bestimmten Märkten erzielten und welche Kosten sich aus den spezifischen Frachtwiderständen, Verkehrswegen und Transportmitteln ergaben. Diese Frachtkosten durften die um die sonstigen Kosten bereinigten Erträge bei dem Handelsgeschäft nicht übersteigen, denn dann wäre das Geschäft ökonomisch sinnlos geworden.

Außerdem müssen wir sowohl die Kosten als auch die Erträge nicht in absoluten Zahlen, sondern in Anteilen am Warenwert berechnen. Erst wenn die Transportkosten in jeweiligen Anteilen am Warenwert gerechnet werden und die jeweilige Handelserträge ebenso, erhalten wir vergleichbare, von inflationären Entwicklungen weitgehend unabhängige Zahlen. Solche Daten könnten dann, wenigstens

7 Dass ägyptisches Getreide in den freien Handel ging, ist eigentlich nie umstritten gewesen. Die Frage war vielmehr, ob der freie Getreidehandel mit ägyptischem Getreide staatlicherseits auf den Markt in Rom fixiert war. Vgl. hierzu etwa Wörrle (1971) und Casson (1984), S. 100–102. Jedenfalls ist auch Getreide aus dem Fayum-Becken frei gehandelt worden. Temin (2013), S. 39–41 geht – implizit – ganz selbstverständlich von einem freien Getreidehandel mit ägyptischem Getreide aus – auch aus dem Fayum-Becken.

8 Temin (2013), S. 41; Szaivert / Wolters (2005), S. 331–333.

9 1 *modius* = 8,7 Liter; 1 Liter Weizen = 0,62–0,87 kg, hier wird mit 0,75 kg/Liter Weizen gerechnet.

10 Temin (2013), S. 39–40 geht, gestützt auf die, allerdings etwas problematische Quelle P. Mich. II 1271.1.8–38, von 1,5 HS pro *modius*, das entspricht 0,2 HS pro kg Weizen, im Fayum aus. Es wären dann – ohne Berücksichtigung der sonstigen Kosten – ein Handelsertrag von 0,4 bis 0,7 HS pro kg übrig. Mit den Transportkosten, wie bei ORBIS angegeben, gegengerechnet, wäre dann also in Rom ca. das 18-fache des Warenwerts als Verlust übriggeblieben.

11 Temin (2013), S. 39–40 geht, gestützt auf Cic. Verr. 2,3,189, von einem Preis in Sizilien in Höhe von 2–3 HS pro *modius*, das ist 0,3 bis 0,45 HS pro kg, aus. Wiederum ohne sonstige Kosten gerechnet, wäre in diesem Fall ein Handelsertrag von 0,15 bis 0,6 HS pro kg Weizen vor dem Transport möglich. Mit den Transportkosten, wie bei ORBIS angegeben, gegengerechnet, ergibt sich im günstigsten Fall ein Verlust in Höhe des 9-fachen des Warenwerts in Rom.

12 Vgl. Warnking (2015), S. 285–379; Warnking (2018), S. 34–36.

näherungsweise, Konstanten erkennen lassen, die neben anderen Informationen in ein EDV-gestütztes Modell einfließen.

Es ist nun aber leider so, dass bei dieser Rechnung allzu viele Variablen nicht genauer bestimmt werden können. Wenn wir nichts von den Ankaufspreisen am Herkunftsort und auch nichts von den Verkaufspreisen am Zielort wissen, können wir den Handelsertrag nicht bestimmen, sondern nur abschätzen. Auch ist im konkreten Fall zumeist nicht genauer bestimmbar, wieviel vom Ertrag durch Zölle, Steuern, Gebühren, Transaktions-, Finanzierungs-, Verlade- und Lagerkosten aufgebraucht wurde. Die Frachtkosten selbst variieren überdies je nach Verkehrsweg, Verkehrsbedingungen, Frachtwiderstand der transportierten Waren und nach Regionen erheblich.

Im Grunde können wir bislang nur die Frachtkosten für Getreide auf der Straße in Italien und den Nordprovinzen einigermaßen verlässlich berechnen: solche Transporte hatten eine ökonomisch sinnvolle Reichweite von etwa 15–20 km. Bei anderen Waren, anderen Verkehrswegen und Regionen bleibt hinsichtlich der Rechnung allzu vieles recht vage. Überdies finden wir beim Regional- und Fernhandel oft kombinierte Transportarten vor: Etwa Karawanentransport, Transport durch Wagen über Straßen, mit verschiedenen Booten oder Schiffen über Binnengewässer und übers Meer. Wir müssten also wissen, welche Transportart Kosten in welcher Höhe pro Streckeneinheit verursacht.

Wenn wir uns von der induktiven Methode, ausgehend von absoluten Zahlen, verabschieden, bliebe nur das deduktive, empirische Verfahren, die bekannten Warenflüsse in der Antike auszuwerten, und aus den dabei gewonnenen Daten dann in einem aufwändigen rechnerischen Verfahren Konstanten zu berechnen.

Im Folgenden soll dies an einigen Beispielen aus der römischen Wirtschaft von der späten Republik bis zum 3. Jahrhundert versucht werden. Die Ergebnisse geben nicht Anlass zu großer Hoffnung. Zunächst der Stand der Forschung und einige prominente bezeugte Handelssereignisse.

Beginnen wir mit dem Handel einfacher landwirtschaftlicher Güter über Land. Wenn wir die von Duncan-Jones aus dem Diokletianischen Preisedikt errechneten Transportkosten von 55 % des Warenwerts pro 100 römische Meilen bei Weizen¹³ mit den üblichen Gewinnspannen zwischen Erzeuger und Markt bei Weizen¹⁴ in Beziehung setzen, so ergeben sich ökonomisch vernünftige Reichweiten beim Weizenhandel über Land von knapp 15 km.¹⁵ Dieser Wert stimmt durchaus mit anderen Nachrichten vom Transport einfacher landwirtschaftlicher Güter überein. Sowohl die literarischen¹⁶ als auch die archäologischen¹⁷ Quellen deuten auf folgende Konstanten beim Lokalhandel hin:

- Es wurden einfache landwirtschaftliche und im Gegenzug gewerbliche Güter gehandelt.
- Die jeweiligen Gewinnspannen waren klein.
- Handel wurde weitgehend als Produzentenhandel betrieben.
- Bei den Produzentenhändlern scheint eine tägliche Rückkehr vom Markt bevorzugt worden zu sein, was eine Distanz zum Markt von lediglich 15–20 km erlaubt.

13 Duncan-Jones (1982), S. 366–369. Vgl. auch Fellmeth (2002), S. 95–106.

14 Um 5 % bei Getreide, bei Olivenöl und Wein höher (7–10 %). Vgl. Duncan-Jones (1982), S. 33–59; Fellmeth (2002), S. 93–94. Etwas vorsichtiger DeMartino (1991), S. 110–111, 117. Zu Einkaufs- und Verkaufspreisen bei Getreide vgl. Warnking (2015), S. 293–298.

15 Vgl. Fellmeth (2002), S. 61–74, 95–106; Bintliff (2002) kommt auch unter Einbeziehung nicht-ökonomischer Aspekte ungefähr auch auf diese Distanz.

16 Vgl. etwa Apul. met. 9,32; Verg. Mor. 78–81 (Appendix Vergiliana); Varro rust. 1,16,5.

17 Vgl. etwa Frayn (1993).

Die einschlägige Forschung ist sich jedoch darüber einig, dass der größte Teil des in der Antike gehandelten Volumens in diesem Lokalhandel umgeschlagen worden ist.

Auch die archäologische Evidenz legt eine maximale Distanz von 15–20 km der Produzenten landwirtschaftlicher Güter zum Markt nahe. Hans Kloft hat eine Karte mit Gutshöfen rund um *Augusta Vindelicum* zusammengestellt.¹⁸

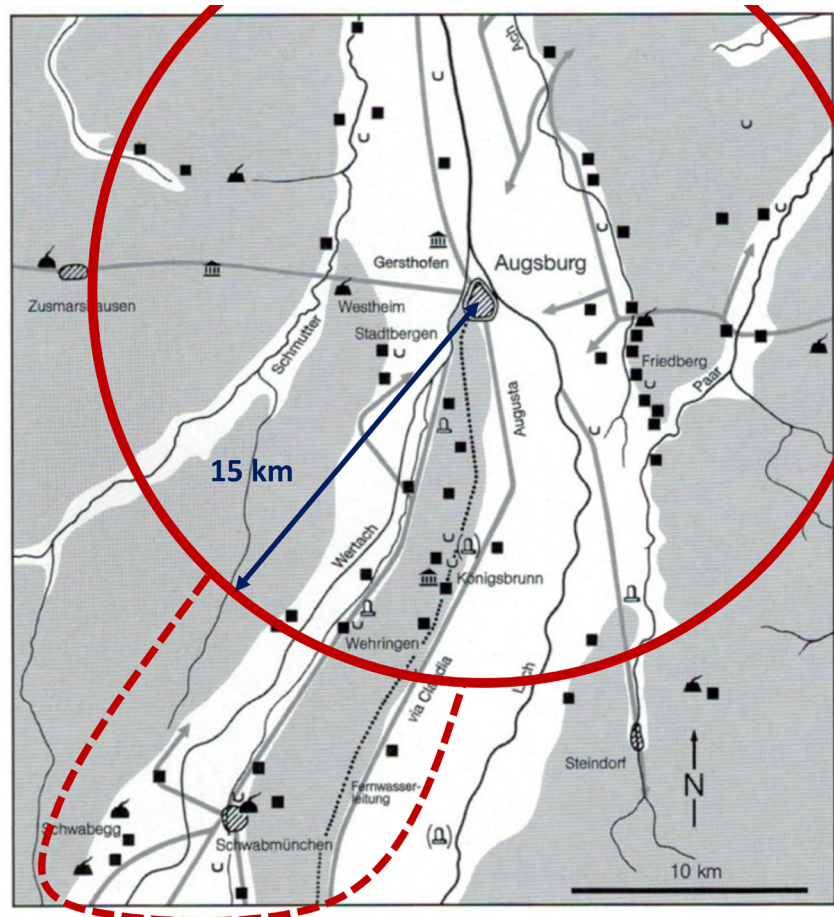


Abb. 1: Karte mit Gutshöfen rund um Augusta Vindelicum. Der rote Kreis markiert die ungefähre maximale Entfernung von Augsburg.

Hier finden wir eine Häufung der *villae rusticae* innerhalb eines Radius von 15 km vor, im Süden jedoch verursacht die schiffbare Wertach und eine *via publica* eine deutliche Ausbuchtung des Einzugsgebietes. Solches beobachtet man auch am Limes, hier eine Karte mit römischen Siedlungen, hauptsächlich *villae rusticae*, in der Nähe des Limes bei Mainz.¹⁹

¹⁸ Kloft (2006), S. 36.

¹⁹ Kloft (2006), S. 39.

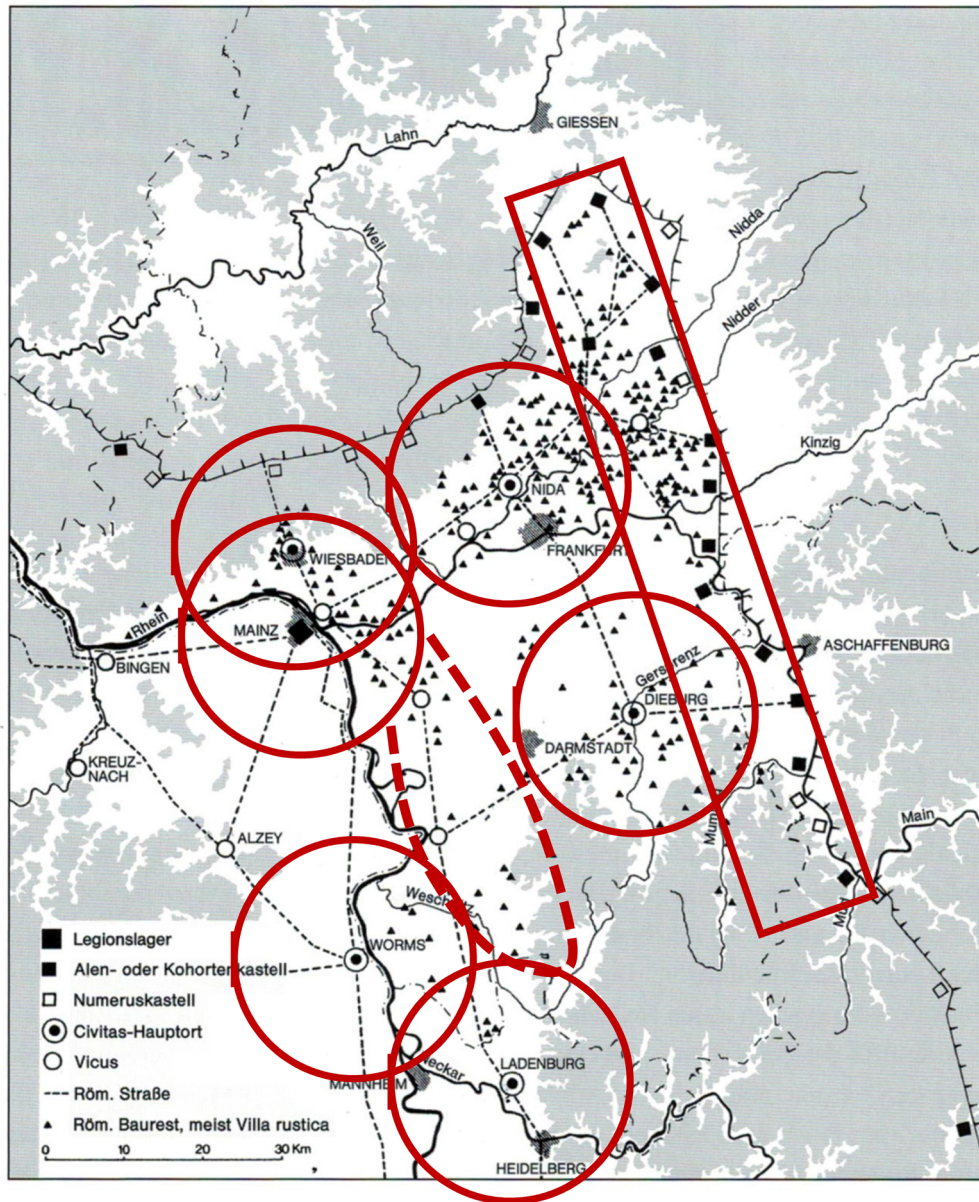


Abb. 2: Karte mit römischen Siedlungen, hauptsächlich villae rusticae, in der Nähe des Limes bei Mainz. Die rot markierten Bereiche (15 km-Distanzen) zeigen die ungefähre maximale Entfernung von den jeweiligen Marktzentren.

Die *villae rusticae* befinden sich innerhalb einer 15 km-Distanz zum Limes oder zu den Hauptorten und/oder Legionslagern. Lediglich südlich von Mainz verursachten die Rheintalstraße und der Rhein eine Ausbuchtung. Günstige Transportwege, insbesondere ein schiffbares Binnengewässer, konnten also die Transportreichweiten deutlich verlängern, hier auf ca. das Doppelte.

Der regionale Handel hatte andere Dimensionen. Wir besitzen mehrere Zeugnisse, die mit dem Marktbesuch fahrender Händler (*circitores*) in Kampanien zu tun haben. Dort werden Markttag an verschiedenen Orten genannt, offenbar um den fahrenden Händlern die Planung ihrer Marktbesuche zu erleichtern, so etwa in dem bekannten Kalender aus Pompeji:²⁰

²⁰ CIL IV 8863, Transkription Kloft (1992), S. 221.

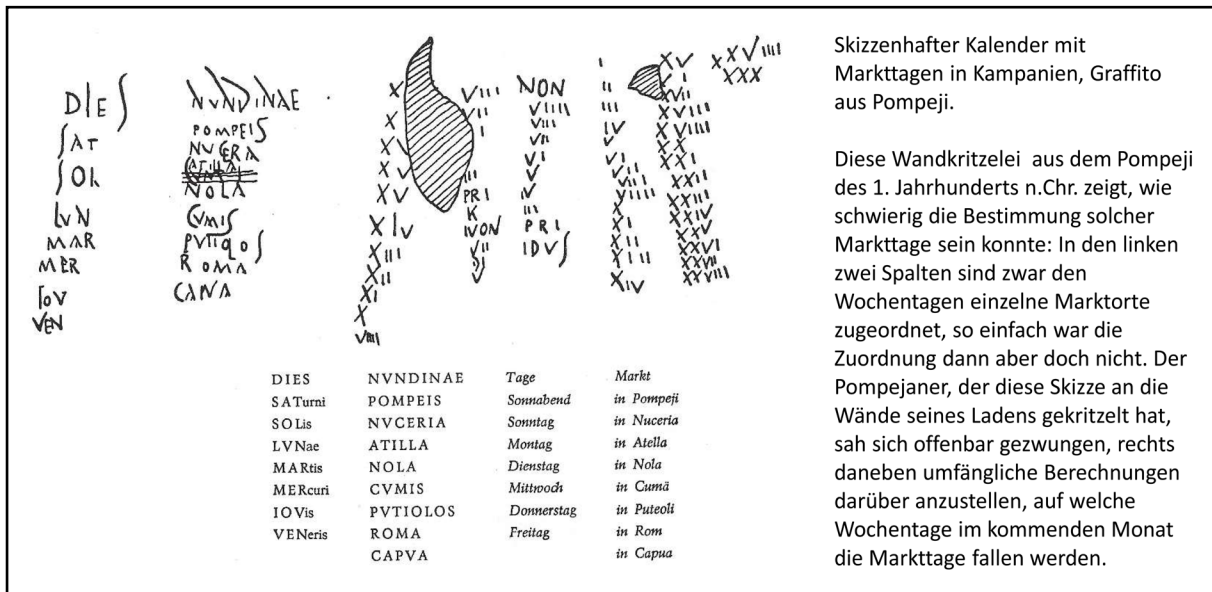


Abb. 3: Skizzenhafter Kalender mit Markttagen in Kampanien, Graffito aus Pompeji.

Ramsay McMullen hat nun die in den diversen überlieferten Listen antiker Händler genannten Marktor- te in einer Karte eingetragen und zudem die Häufigkeit der Nennung kenntlich gemacht.²¹

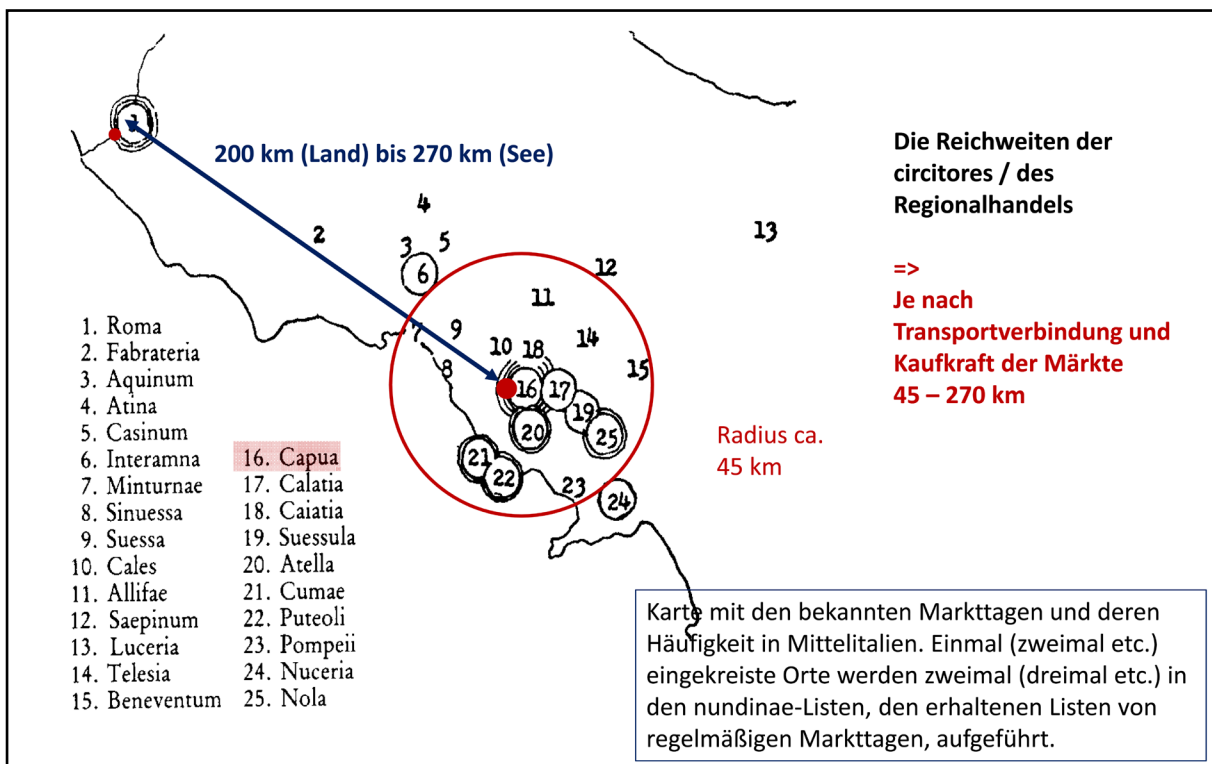


Abb. 4: Karte mit in den Listen antiker Regionalhändler aufgeführten Markttorten in Kampanien. Die Kreise um die jeweiligen Orte geben die Häufigkeit der Erwähnungen an. Farblich sind die ungefähren jeweiligen Reichweiten markiert.

Aus der Kombination dieser Quellen ergibt sich, dass *circitores* sich, zumindest in Kampanien, in einem Umkreis von 45–50 km um einen Markt-Hauptort bewegten. Freilich konnte, sofern günstige Transportmöglichkeiten und/oder hohe Marktpreise lockten, auch über größere Distanzen gehandelt werden.

21 MacMullen (1981), S. 292.

Bis Rom sind es von Capua aus rund 200 km über Land und 270 km, wenn man per Küstenschiff transportierte, wobei letztere Transportart sehr wahrscheinlich ist. In diesem Fall wurde die ‚normale‘ Reichweite des Regionalhandels um das vier- bis sechsfache überschritten.

Zusammenfassend lässt sich Folgendes zum Regionalhandel sagen: Die lokalen Märkte kommunizierten über den regionalen Handel mit regionalen Zentren und mit Metropolen. Hier waren fahrende Händler die Akteure. Gehandelt wurden – je nach Preisgefälle und Transportbedingungen – im Umkreis von 50 – 300 km höherwertige Nahrungsmittel, besondere gewerbliche Güter und Luxuswaren. Die höheren Preise in den regionalen Zentren und den Metropolen erzeugten, zusammen mit womöglich vorhandenen günstigen Transportwegen, eine Sogwirkung. Die Grenzen zum interregionalen und zum Fernhandel werden so beim Regionalhandel gelegentlich schon überschritten.

Beim Fernhandel müssen wir, was die beobachtbaren Reichweiten anbetrifft, generell zwischen Handel über Land und über Wasser unterscheiden.

Zunächst zum Fernhandel über Land. Wenn wir die verstreuten Nennungen eines *collegium negotiatorum Cisalpinorum et Transalpinorum*²² so deuten dürfen, dass es sich um ein und dasselbe *collegium* gehandelt hat, oder wenigstens um einen Zusammenschluss von lokalen Kollegien, so ergibt sich folgendes Bild:

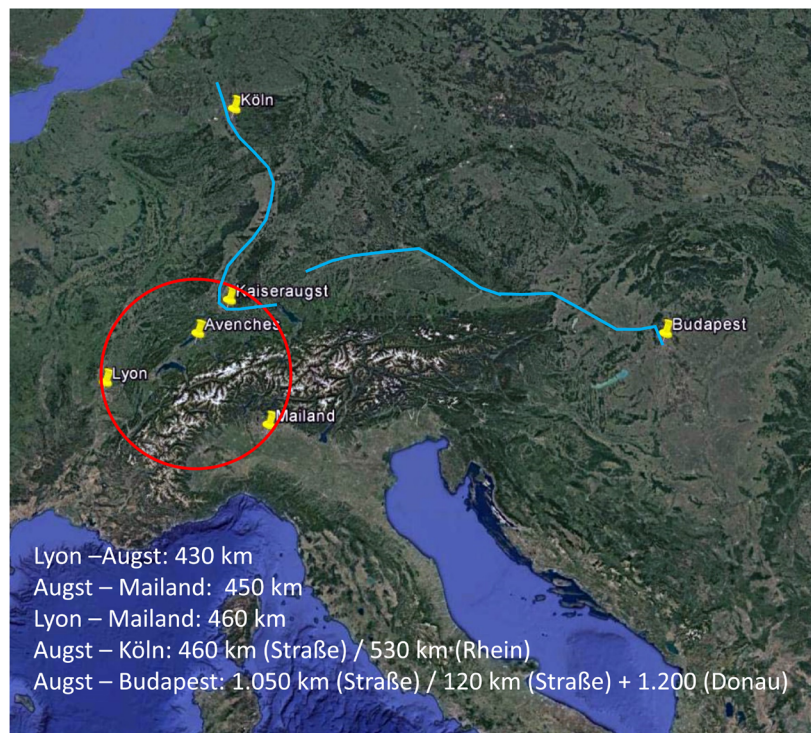


Abb. 5: Erwähnungen des *collegium negotiatorum cisalpinorum et transalpinorum* auf einer Karte abgebildet. Die Distanzen beim Handel über Land (im roten Kreis) und zwei Distanzen bei über Flusstransport erreichbaren Orten.

22 Vgl. Alföldi (1952), Kolb / Ott (1988), S. 107–110. Es handelt sich um die folgenden Nennungen: 1. *collegium negotiatorum* *cisalpinorum et Transalpinorum* in Augusta Rauricorum / Augst, CIL XIII 5305, XIII 11547; 2. M. Sennius Metilius, ein *negotiator corporis splendissimi Cisalpinorum et Transalpinorum* in Lugdunum / Lyon, CIL XIII 2029, Waltzing, *corporations professionnelles* II, 154, Nr. 65; 3. *[negotiato]r Cisalpin[us] [et] Transalpin[us]* in Mediolanum / Mailand, CIL V 5911; 4. Q. Otacilius Pollinus, ein *patro[nus] vena[lorum] corporis Cisalpinorum et] Transalpinorum* in Aventicum / Avenches, CIL XIII 5105, 11480, vgl. Reynolds (1969), S. 53; 5. *cives Agrippinenses Transalpini* in Aquincum / Budapest, CIL III 10548, Nagy (1932), S. 288; Nagy (1931), S. 260; 6. ein *cives Agrippinenses* in diesem *collegium* (?) lässt auch an einen Standort in Colonia Claudia Ara Agrippinensium / Köln denken.

Die Aktivitäten der genannten Händler sind also wohl nicht nur auf den Regionalhandel in einem Umkreis von 50 km beschränkt geblieben, sondern es sind hier Distanzen von 400 bis 500 km über Land überwunden worden.²³ Standen schiffbare Binnengewässer zur Verfügung, so konnten sich die Reichweiten des Handels auf über 1.000 km fast verdreifachen.

Beim Fernhandel über das Meer sind noch weit größere Transportdistanzen möglich gewesen. Übertragen wir die Hinweise auf die Heimatorte der Handelskontore in den noch erhaltenen Fußbodenmosaiken auf dem Forum der Corporationen in Ostia²⁴ auf eine Karte, so ergibt sich ein Radius von Luftlinie rund 1.000 km.

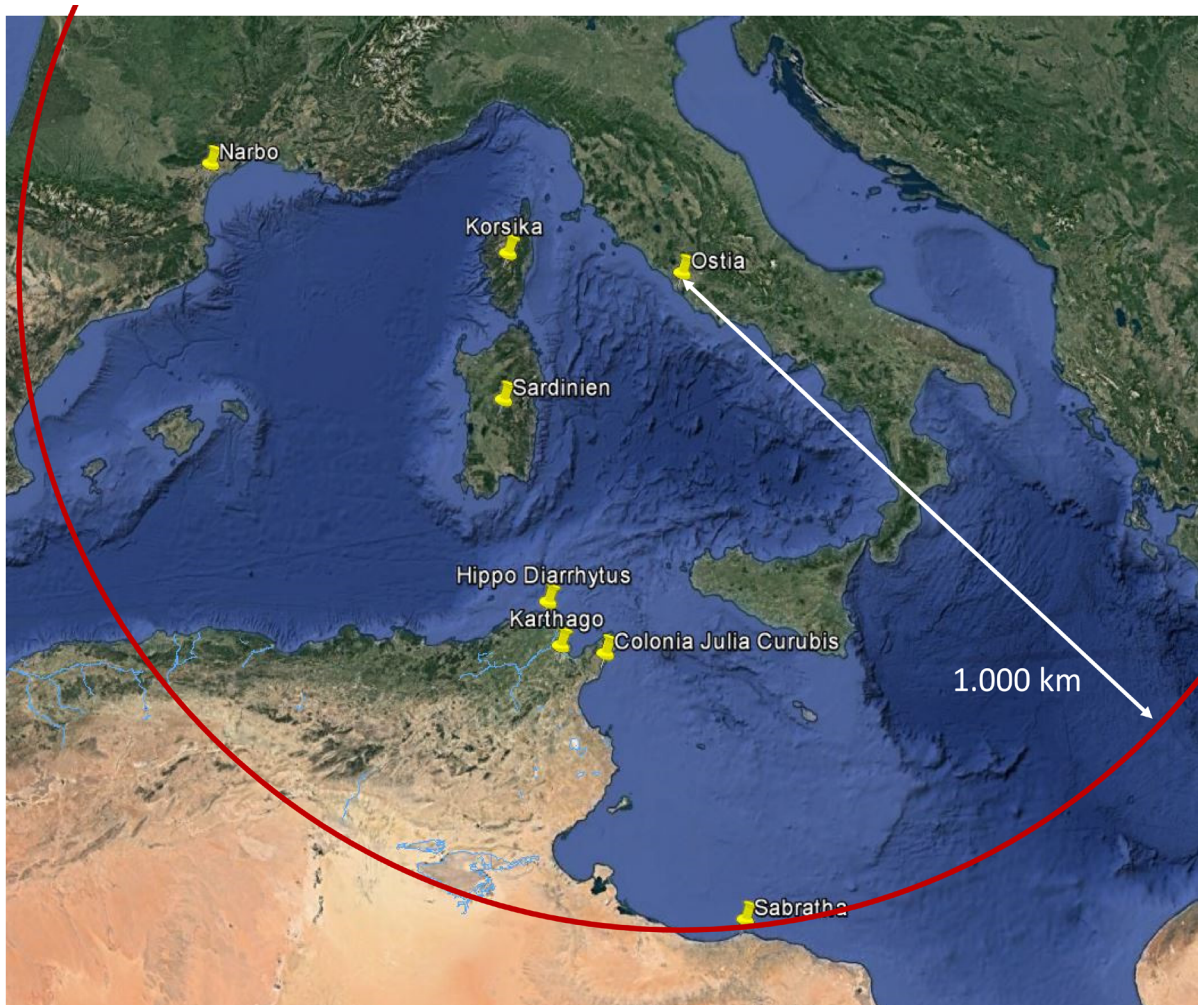


Abb. 6: Die Heimatorte der Handelskontore mit noch erhaltenen Fußbodenmosaiken auf dem Forum der Corporationen in Ostia auf einer Karte abgebildet und die maximalen Reichweiten von Rom / Ostia aus (Luftlinie).

Es war im maritimen Fernhandel jedoch möglich, noch weit größere Distanzen zu überwinden – je nach Handelsgut. Zwei inschriftliche Belege bezeugen Handelsbeziehungen zwischen Phrygien und Lugdunum beziehungsweise Italien, vermutlich Rom.²⁵

23 Dies deckt sich mit dem Wirkungskreis des Aristomenes bei Apuleius, der Thessalien, Ätolien und Böotien bereiste (Apul. met. 1,5,2), das entspricht einem Wirkungsradius von ca. 250–300 km.

24 Vgl. Meiggs (1960), S 283–287; Habermann (1982), S. 41.

25 Der *negotiator Laudecenaurius* namens Iulius Verecundus in *Lugdunum* handelte mit Textilien, die er wahrscheinlich aus dem phrygischen *Laodikeia* bezogen hat, vgl. Pleket (1990), S. 129–130. Im phrygischen Hierapolis ist ein Händler namens Flavius Zeuxis bezeugt, der 72-mal nach Italien gereist ist, Syll³ III 1229.

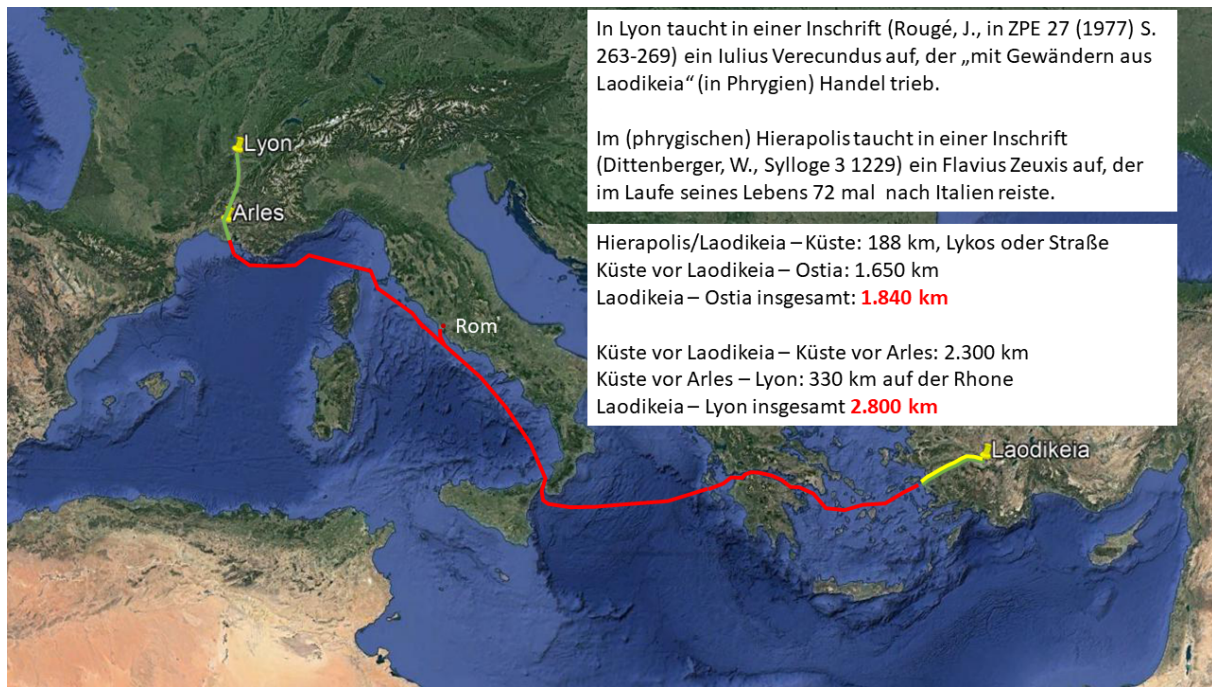


Abb. 7: Zwei Zeugnisse des Handels zwischen Phrygien und Rom bzw. Lyon und die jeweils zurückgelegten Distanzen.

Im Falle des Textilienhändlers Iulius Verecundus aus *Lugdunum* waren 2.800 km Handelsdistanz jedenfalls möglich, er hat dabei offenbar auch so viel verdient, dass er in den dortigen örtlichen Rat aufsteigen konnte.

Die wenigen genannten Beispiele zeigen, dass der lokale Handel tatsächlich sehr begrenzt war, 15–20 km um das lokale Marktzentrum. Höherwertige Waren konnten jedoch im regionalen Handel über 50–300 km, im Fernhandel sogar in der Größenordnung 400–3.000 km gehandelt werden. Mehr als diese sehr groben Angaben sind wohl nicht möglich. Ferner ist es fraglich, ob solche groben Konstanten geeignet sind, ein realitätsnahes Simulationssystem für Handel und Verkehr in der Antike zu stützen.

Vorschlag für ein weiter gehendes Modell

Verbietet es sich also, die in vereinzelt Quellenstellen genannten absoluten Zahlen zu Transportkosten zu verallgemeinern und ergeben die Analysen von bekannten einzelnen Handelsergebnissen nur viel zu grobe Angaben – was könnte dann die Datenbasis für eine Simulation von Handel und Verkehr in der Antike bilden? Ansatzweise soll hier ein unter Umständen gangbarer Weg aufgezeigt werden.

Der Gedanke ist, die für Transportkosten und mögliche Handelserträge relevanten Faktoren in einer mathematischen Gleichung zu fassen, um die Gewinn- und Verlustrechnung abzubilden. Anhand von aus den Quellen bekannten Handelsergebnissen können dann Modelle erstellt werden. Wird das Gebot der Rentabilität beachtet, so müssen dann die Variablen der Gleichung so verändert werden, bis sich zufriedenstellende Ergebnisse bei der Gewinn- und Verlustrechnung ergeben. Je mehr einzelne Handelsergebnisse auf diese Weise plausibel beschrieben werden können, umso solider ist die Schätzung der Variablen und ihrer Gewichtung für das Gesamtergebnis.

Bei diesem Vorgang kommt ein in der Volkswirtschaftslehre oft geübtes Verfahren (*ceteris paribus*) zur Anwendung. Eine multivariate Gemengelage wird durch eine multivariate Gleichung dargestellt. Nun werden versuchsweise alle außer zwei Variablen als konstant angenommen. Bei der schrittweisen Veränderung der einen Variable ändert sich dann die andere offene Variable in einem bestimmten Verlauf. Im vorliegenden Falle heißt das: Wir verändern etwa lediglich die Frachtkosten so, dass bei der Gewinn- und Verlustrechnung ein zufriedenstellendes positives Ergebnis herauskommt.²⁶

Hinsichtlich der Transportkosten ergibt sich beim *ceteris-paribus*-Verfahren allerdings das Problem, dass der Einfluss der einzelnen Variablen der Gleichung auf das Gesamtergebnis gewichtet werden muss. Im konkreten Fall heißt das: Um wieviel ist der Transport über ein Binnengewässer oder über Land bei Einsatz der diversen Transportmittel teurer als der Schiffstransport über das Meer? Nach welchen Kriterien, gestützt auf welche Quellen sollten wir eine solche Gewichtung bei multivarianten wirtschaftlichen Situationen in der Antike vornehmen? Vorläufig sind wir auf das in der Forschung durchaus nicht unumstrittene von Duncan-Jones vorgeschlagene Verhältnis der Kosten bei Land- zu Fluss- und Seetransport von 50 : 5 : 1 angewiesen.²⁷ Allerdings muss hinsichtlich des Flusstransports dennoch folgendes korrigiert werden: Der Transport flussabwärts mag mindestens bei der Hälfte der Kosten gegenüber dem Flusstransport aufwärts gelegen haben – das richtige Verhältnis wäre dann 50 : 5/2,5 : 1.

Mit stochastischen Methoden können mehrere Variablen in solch einer Gleichung, die multivariate Situationen beschreiben, gleichzeitig moduliert werden – allerdings um den Preis, dass der Korridor der Ergebnisse umso breiter wird, je mehr Variablen gleichzeitig verändert werden. Und ein solcher sich ausweitender Korridor von Ergebnissen bedeutet einen Verlust der wissenschaftlichen Aussagekraft des Modells – bis hin zur Irrelevanz. Doch einen Versuch ist das *ceteris-paribus*-Verfahren wert.

Wenden wir uns gehandelten Warengruppen zu, über die wir relativ gut informiert sind, nämlich Wein und Olivenöl. Amphorenfunde zeigen uns den Grad der Konsumption an bestimmten Orten und die Amphoren-Stempel die Herkunftsorte an. Somit können wir Warenströme von Öl und Wein im antiken Handel identifizieren. Zugleich können an diesem Beispiel auch die Möglichkeiten und Grenzen der hier vorgeschlagenen deduktiv-empirischen Methode aufgezeigt werden.

So wissen wir von einem nicht unbedeutenden Wein- und Ölhandel von der Baetica nach Rom.²⁸ Wir nehmen nun die bei Columella angegebenen gewöhnlichen Erträge bei Wein, nämlich 10 % des Warenwerts, an.²⁹

26 Die Gleichung sieht dann so aus: [(Handelsertrag in % am Warenwert) – (sonstige Kosten vor dem Transport in % am Warenwert)] – [(km über Meer * x_1) + (km über Fluss aufwärts * x_2) + (km über Binnengewässer/Fluss abwärts * x_3) + (km per Wagen über Straße * x_4) + (km per Karawane * x_5)] = Ergebnis der Gewinn- und Verlustrechnung.

x_1 = Frachtkosten pro km auf einem Seeschiff über das Meer in % des Warenwerts am Zielort.

x_2 = Frachtkosten pro km auf einem Schiff über ein Binnengewässer oder flussabwärts in % des Warenwerts am Zielort (= x_1 * 2,5).

x_3 = Frachtkosten pro km auf einem Schiff flussaufwärts in % des Warenwerts am Zielort (= x_1 * 5).

x_4 = Frachtkosten pro km auf einem Wagen über die Straße in % des Warenwerts am Zielort (= x_1 * 50).

x_5 = Frachtkosten pro km bei Karawanentransport in % des Warenwerts am Zielort (= x_1 * 25).

Da x_2 – x_5 von x_1 aufgrund der Annahme des Kostenverhältnisses zwischen den einzelnen Transportarten abhängig sind, bringt eine Veränderung von x_1 eine Veränderung des Ergebnisses der Gewinn- und Verlustrechnung, solange der Handelsertrag (Verkaufspreis am Zielort – Einkaufspreis am Herkunftsort) und die sonstigen Kosten vor dem Transport (Transaktions-, Finanzierungs-, Verlade- und Lagerkosten, Zölle, Steuern und Abgaben etc.) in einem ersten Schritt als konstant angenommen werden.

27 Duncan-Jones (1982), S. 366–369.

28 Vgl. Martino (1991), S. 326–327; Kloft (1992), S. 194; Drexhage / Konen / Ruffing (2002), S. 72; Col. 1, praef. 20; Plin. nat. 15,8.

29 Col. 3,3; vgl. dazu Duncan-Jones (1982), S. 55–59.

Wenn wir nun die Frachtkosten im angegebenen Verhältnis so anpassen, dass ein angemessen positives Ergebnis bei der Gewinn- und Verlustrechnung dabei herauskommt, dann hätten wir einen ersten Näherungswert für die tatsächlichen *maximalen* Frachtkosten. Denn es ist ja durchaus vorstellbar, dass die Ergebnisse der Gewinn- und Verlustrechnung deutlich höher lagen als die hier geforderten ca. 5 % des Warenwerts am Zielort. Dann hätten die Frachtkosten entsprechend tiefer gelegen haben müssen. Mit dieser Methode können wir also näherungsweise bestimmen, wie hoch die Frachtkosten höchstens gelegen haben, nicht aber, wie tief.

Wein / Öl													
Ertrag	Frachtrate Land (Karawane) / km	Frachtrate Land (Straße Wagen) / km	Frachtrate Binnenge-wässer aufwärts / km *	Frachtrate Binnenge-wässer abwärts / km **	Frachtrate Meer / km	Verhältnis	km Land (Karawane)	km Land (Straße)	km Binnenge-wässer aufwärts	km Binnenge-wässer abwärts	km Meer	GUV	
Gades - Rom	10%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1		30		1.950	6%	
* ORBIS arbeitet mit der Frachtrate 0,0068													
** ORBIS arbeitet mit der Frachtrate 0.0034													

Tab. 2: Versuchsweise Gewinn- und Verlustrechnung beim Ölhandel von der Baetica (Gades) nach Rom.

Gelingt dieser Schritt, kann es dabei jedoch nicht sein Bewenden haben. Dieses Ergebnis ist an anderen bekannten Handelsrouten für Wein oder Öl zu überprüfen. Wein und Öl wurden nachweislich auch von Nordafrika nach Rom, vom Golf von Neapel nach Arles, ja sogar von der *Baetica* nach Nimwegen und nach Augst gehandelt.³⁰ Wenn wir die gerade ermittelten Handelserträge und Frachtkosten auf diese Handelswege übertragen, so erkennt man, dass durchweg positive Ergebnisse erreicht werden.

Wein / Öl													
	Ertrag	Frachtrate Land (Karawane) / km	Frachtrate Land (Straße Wagen) / km	Frachtrate Binnenge- wässer aufwärts / km *	Frachtrate Binnenge- wässer abwärts / km **	Frachtrate Meer / km	Verhältnis	km Land (Karawane)	km Land (Straße)	km Binnenge- wässer aufwärts	km Binnenge- wässer abwärts	km Meer	GUV
Kathago - Rom	10%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1			30		600	9%
Golf von Neapel - Arles	10%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1			50		950	8%
Gades - Noviomagus Batavorum (via Atlantik)	10%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1			330		2.900	1%
	30%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1			330		2.900	21%
Gades - Noviomagus Batavorum (Mittelmeer- route)	10%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1		70	790	760	1.500	-12%
	30%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1		70	790	760	1.500	8%
Gades - Augst	10%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1		90	580	130	1.500	-8%
	30%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1		90	580	130	1.500	12%

Tab. 3: Versuchsweise Gewinn- und Verlustrechnung beim Handel von Karthago (Öl) nach Rom, vom Golf von Neapel nach Arles (Wein), von Gades nach Noviomagus Batavorum und Augusta Raurica (Öl).

Lediglich bei den tief im Landesinneren gelegenen Standorten Nimwegen³¹ und Augst sind die Ergebnisse schmal bis negativ. Dort müssen entweder höhere Preise erzielt worden sein oder es ist zu staatlichen Zuschüssen oder fiskalischen Erleichterungen gekommen. Wenn wir die Erträge jedenfalls auf 30 % des Warenwerts erhöhen, ergeben sich auch da vernünftige Ergebnisse.

Auch für den Fernhandel mit Luxuswaren könnten die ermittelten Zahlen eine Basis darstellen. Wenn die Handelserträge deutlich höher lagen als beim Wein- oder Ölhandel, etwa bei 30 % des Warenwerts,

30 Vgl. Drexhage / Konen / Ruffing (2002), S. 72, 130–131; Diod. 5,26,3.

31 Zu den Vor- und Nachteilen der Routen von Gades aus zum Niederrhein, a) über das Mittelmeer, die Rhône, Saône, Mosel zum Rhein oder b) von Gades aus über den Atlantik, die Nordsee und den Rhein aufwärts vgl. Schäfer (2018).

dann ergaben die Geschäfte der beiden Händler aus/mit Phrygien nach diesen Modellen gerade noch erträgliche Ergebnisse der Gewinn- und Verlustrechnung.

Leicht zu transportierende Luxuswaren	Ertrag	Frachtrate Land (Karawane) / km	Frachtrate Land (Straße Wagen) / km	Frachtrate Binnengewässer aufwärts / km *	Frachtrate Binnengewässer abwärts / km **	Frachtrate Meer / km	Verhältnis	km Land (Karawane)	km Land (Straße)	km Binnengewässer aufwärts	km Binnengewässer abwärts	km Meer	GUV
Iulius Verecundus / Laodikeia - Lyon	30%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1		188	330		2.300	3%
Flavius Zeuxis / Hierapolis - Rom	30%		0,1000%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	50 _ 5/2,5 _ 1		188	30		1.840	7%

Tab. 4: Versuchsweise Gewinn- und Verlustrechnung zu den zwei Zeugnissen des Handels mit leicht zu transportierenden Luxuswaren zwischen Phrygien und Rom bzw. Lyon (s.o. Abb. 7).

Mit diesen Rechenbeispielen soll folgendes gezeigt werden: Ein einzelnes Handelssereignis mag mit einer solchen auf Schätzungen gestützten Rechnung noch auf recht wackligen Beinen stehen, wenn sie jedoch auch bei anderen zum Teil ganz anders gelagerten Handelssereignissen zu plausiblen Ergebnissen führt, so wird sie dadurch immer solider. Freilich bedürfte es weit mehr Vergleichsbeispiele als hier vorgeführt, um zu wirklich profunden Ergebnissen zu kommen. Ein Problem dabei ist, dass so nur Modelle für bestimmte Warengruppen, die in ihrer Wertigkeit und in ihrem Transportwiderstand vergleichbar sind, erstellt werden können, und dies vermutlich auch nur für bestimmte Regionen.

Deshalb soll schließlich noch der Blick auf ein Beispiel extrem großer Transportdistanz gerichtet werden. Kombiniert man die Angaben im *Periplus Maris Erythraei*³² mit denen des *Muziris-Papyrus*³³, so ergibt sich folgende Fernhandelsroute:

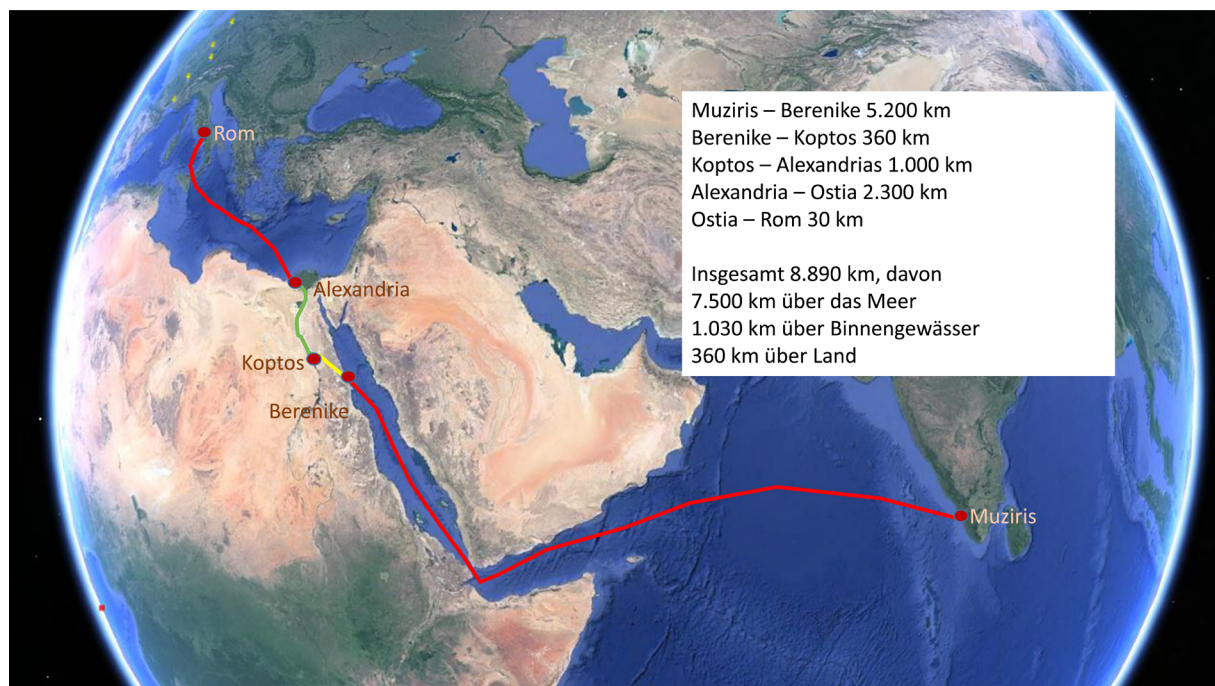


Abb. 8: Der Weg der von Muziris (Indien) nach Rom gehandelten Luxuswaren nach dem *Periplus Maris Erythraei* und dem *Muziris-Papyrus*.

32 Casson (1989).

33 P. Vindob. G 40822; vgl. Casson (1986), S. 73–79; Casson (1990); Young (2001), S. 49–51.

Von *Muziris* (in Indien) durch den Golf von Bengalen in den arabischen Golf bis *Berenike* (Ägypten), per Karawane bis *Koptos*, dann den Nil abwärts bis *Alexandria*, von dort über das Mittelmeer bis *Ostia* und von dort den Tiber aufwärts bis Rom. Insgesamt waren die gehandelten Güter dann knapp 9.000 km unterwegs. Aus dem *Muziris*-Papyrus kennen wir auch die Fracht des Handelsgeschäfts, es handelte sich um Heilkräuter, Elfenbein und Stoffe mit einem Warenwert von 6 Mio. Denaren. Will man der Angabe von Plinius Glauben schenken, dass die Waren in Indien zu einem Preis aufgekauft wurden, die bei einem hundertstel des Verkaufspreises in Rom lagen,³⁴ so waren dabei auch satte Handelserträge möglich. Andererseits – auch davon berichtet der *Muziris*-Papyrus – waren da auch noch Zölle (in Alexandria 25 % des Warenwerts) zu bezahlen, hinzu kamen noch diverse Gebühren und Abgaben, die diversen Transportkapazitäten mussten bereitgestellt werden, die Güter mussten häufig verladen und gegebenenfalls zwischengelagert werden, die Abwicklung eines so komplexen Geschäfts verursachte hohe Transaktionskosten und schließlich musste das Geschäft finanziert werden, was wiederum Kosten verursachte. Um diese Kosten bereinigt, lagen die Erträge vor dem Transport gewiss nicht bei 99 %, vielleicht bei 30 bis 50%. Immerhin lockten so 1,8 Mio. bis 3 Mio. Denare Ertrag – vor dem Transport.

Leicht zu transportierende Luxuswaren	Ertrag	Frachtrate Land (Karawane) / km	Frachtrate Binnengewässer aufwärts / km *	Frachtrate Binnengewässer abwärts / km **	Frachtrate Meer / km	Verhältnis	km Land (Karawane)	km Binnengewässer aufwärts	km Binnengewässer abwärts	km Meer	GUV
Muziris - Rom	30%	0,0500%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	25 _ 5/2,5 _ 1	360	30	1000	7500	-8%
	40%	0,0500%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	25 _ 5/2,5 _ 1	360	30	1000	7500	2%
	50%	0,0500%	0,0100%	0,0050%	0,0020%	25 _ 5/2,5 _ 1	360	30	1000	7500	12%

Tab. 5: Versuchsweise Gewinn- und Verlustrechnung zum Handel von Luxuswaren von Muziris (Indien) nach Rom.

Übertragen wir diese Daten nun in das für den Wein- und Ölhandel entwickelte Modell. Selbst wenn die Kosten für den Karawanentransport mit der Hälfte derjenigen Kosten für den Transport mit einem Wagen über Land veranschlagt werden, so ergeben sich negative Ergebnisse der Gewinn- und Verlustrechnung. Erst bei einem um die sonstigen Kosten bereinigten Ertrag von 40–50 % vor dem Transport wird die Sache rentabel – aber solche Handelserträge sind nur schwer vorstellbar. Man erkennt, bei Transporten über weite Distanzen und mit verschiedenen Transportmitteln kommt das Modell schnell an seine Grenzen. Offenbar verbietet es sich, die aus den Angaben über den Wein- und Ölhandel deduzierten Werte auf den Handel mit höherwertigen Luxusgütern zu übertragen.

Fazit

Es lassen sich sowohl im antiken Lokal- wie auch im Regional- und Fernhandel Handelssereignisse identifizieren, anhand derer sich die ökonomischen Bedingungen für Handel und Transport studieren lassen. So können die Reichweiten des jeweiligen Handelsgeschäfts, die sehr wahrscheinlich genutzten Verkehrswege und Transportmittel, manchmal auch die gehandelten Waren bestimmt werden.

Die Bedingung der Rentabilität erfordert es jedoch, dass die Kosten für den Transport und die sonstige Abwicklung des Handelsgeschäfts nicht die erwarteten Erträge übersteigen. Und hier beginnen nun die Probleme:

³⁴ Plin. nat. 6,101.

- Verschiedene Warengruppen haben nicht nur verschiedene mögliche Handelserträge, sondern insbesondere auch verschiedene Transportwiderstände und daraus folgend auch verschieden hohe Transportkosten. Es wären also für die diversen Warengruppen jeweils gesonderte Berechnungen nötig.
- Skaleneffekte können mangels näherer Informationen lediglich geschätzt werden.
- Wenn es sich um kombinierte Transporte handelt, also um eine Staffelung der diversen Transportarten über Land, Binnengewässer und Meer, wird das Verhältnis der jeweiligen Transportkosten zueinander erheblich. Wie sonst sollte man die durchaus verschiedenen Kosten pro Streckeneinheit zueinander in Beziehung setzen? Kostenrelationen, wie die hier versuchsweise genutzte (es handelt sich um eine geringfügig modifizierte Version dessen, was R. Duncan-Jones vorgeschlagen hat) sind jedoch in der Forschung generell umstritten.
- Es ist überdies der Verdacht nicht von der Hand zu weisen, dass es erhebliche regionale Unterschiede bezüglich der Frachtkosten gegeben hat. Mit bestimmten Frachtkosten kann vielleicht nur in bestimmten Regionen gerechnet werden, anderswo galten möglicherweise ganz andere Frachtkosten.
- Es muss auch nach Epochen gesondert gerechnet werden. Es werden zum Beispiel die Transportbedingungen in Germanien und Gallien im ersten vorchristlichen kaum mit jenen im zweiten nachchristlichen Jahrhundert vergleichbar gewesen sein.
- In den generierten Modellen kann lediglich eine Mindest-Rentabilität angenommen werden. Höhere Gewinne können im Einzelfall jedoch nie ausgeschlossen werden.³⁵ In diesem Falle müssten dann die Frachtkosten entsprechend tiefer gelegen haben.

Die Methode, aus bekannten Handelsrouten für bestimmte Waren gewissermaßen deduktiv Konstanten und Modelle für Handel und Transport in der Antike abzuleiten, führt also unter Umständen zu brauchbaren Ergebnissen. Allerdings müssten sich die Modelle auf eine deutlich breitere Datenbasis stützen, als hier vorgeführt. – Und das Ergebnis wird schließlich eine Ansammlung doch etwas komplexerer rechnerischer Modelle sein. Je nachdem, wie regional begrenzt die betreffende Simulation angelegt ist, wäre die Komplexität der Daten und Rechengvorgänge vielleicht zu bewältigen. Das Problem wird dann aber die Auffindung einer ausreichenden Zahl von gesicherten Handelssereignissen zur profunden Beschreibung der Rahmenbedingungen des Handels darstellen. Ob hier stochastische Methoden zur solideren Abschätzung der ‘missing data’ hilfreich sein können, wäre noch zu prüfen.

35 Vgl. etwa – satirisch überspitzt – Petron. 76.

Literaturverzeichnis

- Alföldi (1952): A. Alföldi, „Les corporations des Transalpini et Cisalpini à Avenches“, in: Urschweiz 16 (1952), S. 3–9.
- Arnaud (2007): P. Arnaud, „Diocletian’s prices edict: the prices of seaborne transport and the average duration of maritime travel“, in: Journal of Roman Archaeology 20 (2007), S. 321–336.
- Bintliff (2002): J. L. Bintliff, „Going to market in antiquity“, in: E. Olshausen, H. Sonnabend (Hg.), Zu Wasser und zu Land, 7. Stuttgarter Kolloquium, Stuttgart 2002, S. 209–250.
- Casson (1984): L. Casson, Ancient Trade and Society, Detroit 1984.
- Casson (1986): L. Casson, „P. Vindob. G 40822 and the shipping of goods from India“, in: BASP 23 (1986), S. 73–79.
- Casson (1989): L. Casson, The periplus maris erythraei, Princeton 1989.
- Casson (1990): L. Casson, „New Light on Maritime Loans: P Vindob. G 40822“, in: ZPE 84 (1990), S. 195–206.
- Drexhage / Konen / Ruffing (2002): H.J. Drexhage / H. Konen / K. Ruffing, Die Wirtschaft des römischen Reiches (1.–3. Jahrhundert), Berlin 2002.
- Duncan-Jones (1982): R. Duncan-Jones, The Economy of the Roman Empire, Cambridge ²1982.
- Fellmeth (2002): U. Fellmeth, „Eine wohlhabende Stadt sei nahe ...“. Die Standortfaktoren in der römischen Agrarökonomie im Zusammenhang mit den Verkehrs- und Raumordnungsstrukturen im römischen Italien, St. Katharinen 2002.
- Frayn (1993): J. M. Frayn, Markets and fairs in Roman Italy. Their social and economic importance from the second century bc to the third century ad, Oxford 1993.
- Habermann (1982): W. Habermann, „Ostia – Getreidehandelshafen Roms“, in: MBAH 1 (1982), S. 35–60.
- Kloft (1992): H. Kloft, Die Wirtschaft der griechisch-römischen Welt, Darmstadt 1992.
- Kloft (2006): H. Kloft, Wirtschaft des Imperium Romanum, Mainz 2006.
- Kolb / Ott (1988): A. Kolb / J. Ott, „Ein ‚collegium negotiatorum Cisalpinorum et Transalpinorum‘ in Augusta Rauricorum?“, in: ZPE 73 (1988), S. 107–110.
- Martino (1992): F. De Martino, Wirtschaftsgeschichte des alten Rom, München 1991.
- Meiggs (1960): R. Meiggs Roman Ostia, Oxford 1960.
- MacMullen (1981): R. MacMullen, „Markttage im römischen Imperium“, in: H. Schneider (Hg.), Sozial- und Wirtschaftsgeschichte der römischen Kaiserzeit, Darmstadt 1981, S. 280–292.

- Nagy (1931): L. Nagy, „Cives Agrippinenses in Aquincum“, in: *Germania* 15 (1931), S. 260–265.
- Nagy (1932): L. Nagy, „Ein neues Denkmal der Aprippinenses Transalpini aus Aquincum“, in: *Germania* 16 (1932), S. 288–292.
- Pleket (1990): W. Pleket, „Wirtschaft“, in: F. Vittinghoff (Hg.), *Europäische Wirtschafts- und Sozialgeschichte der Römischen Kaiserzeit*, Stuttgart 1990, S. 25–160.
- Reynolds (1969): J. Reynolds, „Q. Otacilius Pollinus of Aventicum“, in: *BPA* 20 (1969), S. 53–57.
- Rougé (1966): J. Rougé. *Recherches sur l'organisation du commerce maritime en Méditerranée sous l'empire romain*, Paris 1966.
- Schäfer (2018): C. Schäfer, „Von Spaniens Küsten an den Niederrhein – Überlegungen zum Gütertransport in römischer Zeit“, in: C. Eger (Hg.), *Warenwege – Warenflüsse, Handel, Logistik und Transport am römischen Niederrhein*, Köthen 2018, S. 389–406.
- Temin (2013): P. Temin, *The Roman Market Economy*, Princeton 2013.
- Warnking (2015): P. Warnking, *Der römische Seehandel in seiner Blütezeit – Rahmenbedingungen, Seerouten, Wirtschaftlichkeit*, Rahden 2015.
- Warnking (2018): P. Warnking, „Der römische Seehandel“, in: C. Eger (Hg.), *Warenwege – Warenflüsse, Handel, Logistik und Transport am römischen Niederrhein*, Köthen 2018, S. 25–44.
- Wörle (1971): M. Wörle, „Ägyptisches Getreide für Ephesos“, in: *Chiron* I (1971), S. 325–340.
- Young (2001): G. K. Young, *Rome's Eastern Trade: International Commerce and Imperial Policy, 31 BC – AD 305*, London 2001.

Abbildungs-/ Tabellennachweise:

Abbildung 1 – Kartengrundlage: H. Kloft, *Wirtschaft des Imperium Romanum*, 2006, 36, Graphik: U. Fellmeth.

Abbildung 2 – Kartengrundlage: H. Kloft, *Wirtschaft des Imperium Romanum*, 2006, 39, Graphik: U. Fellmeth.

Abbildung 3 – CIL IV,8863; Transkription: H. Kloft, *Die Wirtschaft der griechisch-römischen Welt*, Darmstadt 1992, 221; Kommentar: U. Fellmeth.

Abbildung 4 – Karte: R. MacMullen, „Markttage im römischen Imperium“, in: H. Schneider (Hg.), *Sozial- und Wirtschaftsgeschichte der römischen Kaiserzeit*, Darmstadt 1981, S. 292, Graphik und Kommentar: U. Fellmeth.

Abbildung 5, 7–8 – Karte: Google Earth, Graphik und Kommentar: U. Fellmeth.

Abbildung 6 – Karte: Google Earth, Graphik: U. Fellmeth.

Tabelle 1–5: U. Fellmeth.

Autorenkontakt³⁶

Prof. Dr. Ulrich Fellmeth

Universität Hohenheim / Universität Stuttgart

fellmeth@uni-hohenheim.de

³⁶ Die Rechte für Inhalt, Texte, Graphiken und Abbildungen liegen, wenn nicht anders vermerkt, bei dem Autor. Alle Inhalte dieses Beitrages unterstehen, soweit nicht anders gekennzeichnet, der Lizenz CC BY 4.0.

Commentary

Wolfgang Spickermann

Abstract: In conclusion to the thematic issue of the Digital Classics Online – “Simulation of Trade and Traffic in Antiquity”, this paper gives a comment in English, which summarizes the main statements of the contributions and embeds them in a wider context.

In context of the corona crisis, we are currently experiencing, that the simulation of outbreak scenarios of the disease immediately entered the public consciousness and accompanies us daily in the news, as well as in virologist podcasts and similar formats. With model calculations, as recently done by the Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organisation in Göttingen, different strategies for overcoming the epidemic can be outlined.¹ Such scientific simulations based on experimental or empirically collected data are the basis for political decisions and assessments with a direct impact on all our lives. There is no doubt that simulations and resulting models are scientific applications to simulate nature if they are based on transparent and carefully collected empirical, experimental, calculated values. In short, it is, as Leif Scheuermann points out above, a scientific method that is used to analyse current phenomena or to produce forecasts. Using digital technologies, this method has become increasingly accurate, and, above all, easier to apply.

If, however, complex historical contexts, such as entangled history, are to be adequately analysed with digital instruments, this can only be achieved by mobilising digital techniques of data analysis and presentation already in research process, which themselves require “entanglement”. In the future, this will be possible through completely new ways of working, combining a wide variety of applications, including those from the natural sciences, which in turn requires precise documentation. This will primarily involve new ways of hypotheses development, shifting perspectives through the genesis of explorative spaces, visualization of complex temporal and geographical spaces through simulations that cannot be implemented to the same extent purely textually, syntactic manipulation as a possibility for model formation, the manipulability of visualizations, the combination of different tools, and the handling of heterogeneous fuzzy, non-standardized data.

The question, which Scheuermann also poses in his introductory contribution, is whether and how a scientific model can be applied to the hermeneutically working humanities, which are focused on reading, understanding and interpreting texts, and even more in relation to the historical sciences, which are concerned with the analysis of past events. Here, one quickly thinks of reconstructions and the 3D models that are becoming more and more common in architectural history and archaeology, which attempt to virtually complete and develop buildings and even entire townscapes on the basis of existing material remains and documentation of all kinds, using the method of simulation. However, it has to be critically noted that these reconstructions often have a suggestive character and often do not correspond

1 https://www.ds.mpg.de/3572228/news_publication_14773011_transferred?c=148849 (last access 23-05-2020).

to scientific standards.² Such reconstructions carry the danger of a relapse into pre-scientific or early scientific times, in which one pretends to represent “history as it was”, hyper-realistic models develop a normative statement and a monopolisation of knowledge dissemination through media design. The most prominent example is the ‘Time Machine’-consortium.³ Time Machine promises to build a large-scale simulator mapping 2000 years of European History, transforming kilometres of archives and large collections from museums into a digital information system. This volume clearly shows that there is reason to be wary whether such an ambitious enterprise in top-down mode will ever be able to provide reliable data in a reasonable time frame in order to develop scientifically substantiated simulations. Before success the gods have set the sweat. This is all the more true if, as discussed in this volume, models are to be created to simulate trade and transport in the Roman Empire. After all, there are numerous variables here, and the information that can be found in the ancient sources are incomplete and often problematic. We are talking here about a period of at least 300 years of the history of the Roman Empire with numerous geographical, climatic, ethnographic, and political changes. Nevertheless, a simulation of traffic routes and travel times would be of great benefit to research by its own, as it would provide great insights, especially into military and civil logistics and the economy of the Roman Empire.

Unfortunately, “ORBIS: The Stanford Geospatial Network Model of the Roman World” appears also a top-down model with an ambitious goal: “Roman communication costs in terms of both time and expense. By simulating movement along the principal routes of the Roman road network, the main navigable rivers, and hundreds of sea routes in the Mediterranean, Black Sea and coastal Atlantic, this interactive model reconstructs the duration and financial cost of travel in antiquity”. Leif Scheuermann uses the results of Pascal Warnking’s dissertation as an example to show that the small number of measuring points of wind and flow conditions in the ORBIS-system does not allow a simulation of long-distance travel times,⁴ and Ulrich Fellmeth clarifies in his contribution that a static assumption of Diocletian’s maximum price edict from the year 302 AD is not only insufficient for the calculation of the profitability of trading transactions, it is even misleading while an ORBIS simulation of long-distance trading transactions results in a large minus for the merchant. This clearly shows that a great deal of additional data is required to develop more reliable simulations and that, as the present contributions clearly show, these can only be obtained bottom up to a large extent by experimental methods.

The fact that coastlines could already change in Roman times and that this must be taken into account in simulations is clearly shown by the contribution of Toon Bongers “Connectivity in the Scheldt Basin: The role of the river Scheldt in the Roman-era transport network”. He can show a transport network around river Scheldt as a transport corridor and its change by including numerous archaeological, epigraphic, and geographic sources and evaluating them in a Spatial-Network-Analysis. An important result is certainly the role of Ganuenta as an important long-distance trade centre as a maritime harbour for the Atlantic sea routes to the Baetica (oil trade)⁵ and the North Sea trade with Britain, as among other sources testified by the votive monuments to the goddess Nehalennia. At the same time, Ganuenta was a transshipment port for Germania and Gaul via the river connections Rhine and Scheldt, especially for the military supply. It has to be considered that this was influenced by temporal changes, for example, due to the transformation of the coastal landscape, as well as political influences, for example, due to Chaucish piracy from the middle of the 2nd century AD on.⁶

2 Exceptions are the scientifically proven reconstructions of Prof. Dominik Lengyel, Cottbus (<https://www.b-tu.de/fg-architektur-und-visualisierung/>, [last access 23-05-2020]).

3 <https://www.timemachine.eu/> (last access 23-05-2020).

4 Warnking (2015).

5 Cf. Schäfer (2016).

6 Cf. Haywood (1999).

How laborious it is to reconstruct an ancient river landscape with reliable results is shown very impressively in the contribution by Uwe Arauner „Donauschifffahrt im Ingolstädter Becken in römischer Zeit – von der Rekonstruktion bis zur Reisezeit“. This is about a 67 km long section of the Danube river in the Ingolstadt basin, which has changed fundamentally several times over the centuries. Arauner succeeds in reconstructing the course of the river from antiquity to the present times based on numerous very different values and information from historical maps, the localisation of the groundwater and flood areas, difference models and terrain models, flood simulations, gradient and river velocities. By additionally collected reliable measurement data (wind, sailing characteristics, rowing speeds) of reconstructed Roman river ships, realistic travel times can be calculated for these sections, which can form the basis for further simulations.

Patrick Reinhard comes in his contribution „... treidelten wir das Schiff mit viel Mühe in den Hafen des Arsinoites“ – Überlegungen zu den Akteuren in der Binnenschifffahrt und zu Quantifizierungsmöglichkeiten“ about the analysis of the papyrus P.Enteux. 27 on the question of the efficiency of locomotion by inland waterways. Here, too, in addition to the ancient reports experimentally collected data play a decisive role in order to develop reliable simulations. Specifically, these are experiments carried out on the Moselle with a 1:2 scale replica of a Roman barge (Prahm), the typical cargo vessel on rivers. The good sailing characteristics and above all the easy handling during towing, where one person as the owing drive is usually sufficient to reach the equivalent of 3.24 km/h in the long run with a load of approx. 1.5 tons, suggest affordable transport costs and a large interweaving of trade networks including the construction of towing paths. The connections of the farms to the surrounding markets via larger and smaller river connections make market visits possible with optimal transport utilisation and a few overnight stays as possible. If it is also considered that empty runs are avoided as far as possible, such river connections appear to be very profitable despite sometimes adverse circumstances (as described in the papyrus analysed at the beginning). It would also be worthwhile to obtain information about professionalization of the boat operation by forwarding agencies that always travel the same routes with mixed goods from different producers, similar to those of today's commercial river shipping. Possibly, modern traditions like the transport of coal on the river Ruhr with “Ruhraaken”, which were very similar to the Roman pontoons and were also towed, could provide further evidence.⁷

The question of the use of rural roads is taken up by Klaus Tausend in his contribution „Zur Rekonstruktion antiker Verkehrswege“. In order to be able to analyse the benefit of land-based transportations, the exact course must first be reconstructed. Tausend shows this using the example of Attica, where land routes were often used as an alternative to the endangered sea routes for trade connections. For their reconstruction, besides mostly very inaccurate ancient written sources, historical maps and travel reports of the 18th and 19th centuries, satellite images, lidar scans, remains of buildings and other archaeological relics, terraces, bridges, and wagon tracks can be used. Basically, however, an autopsy is necessary, the most laborious procedure to obtain reliable data.

Finally, Ulrich Fellmeth sheds light on the economic aspect of a cost-benefit analysis of trade connections, mathematically formulated in proportion to the value of the goods. In addition to his fundamental criticism of the ORBIS project at the University of Stanford, he is interested in showing as many facets and variables of a calculation of transport costs as possible. In addition to means of transport, the time factor, goods and their mix, trade networks, external factors (weather, catastrophes, wars), the formation of trade networks and organizational structures (freight forwarders, intermediary trade), about which we know little, are also important. Producers often marketed their goods within a radius of 15–20 km on local markets, which in turn have intersections with regional trade, whose radius over land can be 400–500 km, by river navigation up to 1000 km. Long-distance trade has the most question marks, with

7 Cf. Schmidt-Rutsch (2005).

the luxury goods trade having certainly brought the greatest profit, but there are still too many variables in calculating profitability.

The aim of the present volume is to illustrate the basic fields for simulation of traffic routes and transport connections in antiquity (simulation as a method, geography, landscape reconstruction, river and sea navigation, land routes, and transport costs) in all their complexity. For long-distance trade by sea, the expected results are to be expected during the test runs of a replica of a merchant ship of the type Lauron 2 named “Bissula” completed in Trier. The upcoming measurements and data collection with the sea-going “Bissula” should provide reliable conclusions about the potential and intensity of Roman merchant shipping and maritime trade.⁸

It could be clarified that a reliable simulation of ancient traffic routes requires a wide range of different data, some of which have to be obtained laboriously through individual measurements and experiments. Large “top-down projects” cannot provide the necessary granularity and are therefore of little use to scientific research. Consequently, a simulation of traffic routes must refer to geographically/politically clearly defined parts of the Roman Empire, where data collection is possible within a reasonable time frame. This can only be done in an interdisciplinary network of several scientists from the ancient sciences, computer science, and the natural sciences. Then it will also be possible to produce reliable results on trade and transport conditions and to generate sustainable models from simulations. There is great potential for projects involving several generations of researchers, whose results will be interesting to see, especially since they are always suitable for questioning modern conditions.

8 <https://www.hochschule-trier.de/forschung/forschungsprofil/aktuelles/detail/bissula-erklaert-die-antike-wirtschaftsgeschichte> (last access 23-05-2020).

Bibliography

Haywood (1999): J. Haywood, *Dark Age Naval Power – Frankish & Anglo-Saxon Seafaring Activity* (revised ed.), Frithgarth 1999.

Schäfer (2016): Ch. Schäfer, “Oil for Germany. Some thoughts on Roman long-distance trade”, in: Ch. Schäfer (ed.), *Connecting the Ancient World – Mediterranean Shipping, Maritime Networks and their Impact*, Rahden/Westf. 2016, p. 211–248.

Schmidt-Rutsch (2005): O. Schmidt-Rutsch, „Kohlenschiffahrt auf der Ruhr“, in: I. Telsemeyer (ed.), *Zeche Nachtigall – Museumsführer*, Essen 2005, p. 100–139.

Warnking (2015): P. Warnking, *Der römische Seehandel in seiner Blütezeit – Rahmenbedingungen, Seerouten, Wirtschaftlichkeit*, Rahden/Westf. 2015.

Author contact information⁹

Prof. Dr. Wolfgang Spickermann

Karl-Franzens-Universität Graz
Universitätsplatz 3
A-8010 Graz, Austria

Wolfgang.Spickermann@uni-graz.at

⁹ The rights pertaining to content, text, graphics, and images, unless otherwise noted, are reserved by the author. This contribution is licensed under CC BY 4.0.