

Der Karlsgraben: das Bauwerk

Die umfangreichen obertägig und untertägig erhaltenen Reste des Karlsgrabens und die reichhaltige schriftliche und bildliche Überlieferung bieten vielfältige Möglichkeiten der interdisziplinären Erforschung des Bauwerkes. Den Ausgangs- und Startpunkt jeder Beschäftigung mit dem Karlsgraben bilden die zeitgenössischen Beschreibungen der Bauarbeiten in den Jahren 792/793. Berühmtheit hat der Kanal vor allem dadurch erlangt, dass Karl der Große persönlich involviert war.

In den folgenden Kapiteln wird das Bauwerk aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet und auf Basis des verfügbaren Quellspektrums diskutiert. Bisherige Interpretationsansätze werden dabei mit neuen Ergebnissen und Daten zusammengeführt und kontrastiert. Die Basis bilden neben der einschlägigen Literatur und eigenen Publikationen von Forschungsergebnissen im Rahmen des Schwerpunktprogrammes 1630 die diversen Grabungs- und Untersuchungsberichte der beteiligten Spezialist*innen⁶¹.

Das Bauwerk in der schriftlichen und bildlichen Überlieferung

Die wichtigsten Schrift- und Bildquellen zum Karlsgraben wurden bereits 1911 von F. Beck systematisch zusammengestellt und seitdem zwar kaum ergänzt, jedoch kontrovers diskutiert⁶². Die früheste und wichtigste Überlieferung bilden die historiografischen Texte der Karolingerzeit, insbesondere die sogenannten Annalen. Ihre Entstehung erstreckt sich vom unmittelbaren zeitlichen Umfeld des Kanalbaus im Jahr 793 über mehr als 100 Jahre hinweg bis in das späte 9. Jahrhundert⁶³. Diese zeitgenössischen und zeitnahen Berichte wurden ab dem frühen 12. Jahrhundert verstärkt aufgegriffen, kopiert, kombiniert sowie auf vielfältige Art und Weise ausgeschmückt und mit unterschiedlich zuverlässigen Informationen ergänzt. Im 16. bis frühen 18. Jahrhundert folgt eine zweite Phase der intensiven historiografischen Rezeption des Kanalbaus, die von frühneuzeitlichen Geschichtsschreibern wie Johannes Aventinus getragen wird⁶⁴. Ab dem 16. Jahrhun-

dert liegen außerdem erste Bildzeugnisse in Form von handgezeichneten Karten und Miniaturen vor⁶⁵. Das 18. Jahrhundert markiert den Beginn der jüngeren Rezeptionsgeschichte und wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Bauwerk⁶⁶. Insbesondere im 18. Jahrhundert sind außerdem zahlreiche Altkarten entstanden, auf denen der Kanal in seinem jeweiligen landschaftlichen Kontext abgebildet ist. Diese Überlieferungsphase markiert den Schlusspunkt der Betrachtungen im folgenden Kapitel, alle später entstandenen Quellen sind Gegenstand der Ausführungen zur jüngeren Forschungsgeschichte.

Zeitgenössische und zeitnahe schriftliche Überlieferung

Die Schriftquellen des späteren 8. und 9. Jahrhunderts können als zeitgenössische und zeitnahe Über-

⁶¹ Dabei sind insbesondere zu nennen: Leitholdt u. a. 2012; 2014b. – Berg-Hobohm u. a. 2014. – Ettel u. a. 2014. – Zielhofer u. a. 2014. – Leitholdt 2016. – Werther 2016; 2020. – Linzen u. a. 2017. – Hausmann u. a. 2018. – Kirchner u. a. 2018. – Schmidt u. a. 2018. – Werther u. a. 2015; 2018a; 2019; 2020. – An Berichten und unpublizierten Arbeiten sind insbesondere zu nennen: Globig 2014. – Herzog September 2014. – Rittweger 8.9.2014. – Zach 10.6.2014. – Werther 2/2015. – Karl 04/2016. – Rittweger 12/2016. – Zach 7.11.2016. – Baunack 2018. – Herzog 15.8.2018. – Knipping 20.12.2018. – Werther 2019.

⁶² Beck 1911, 2–78. – Zur Forschungsgeschichte Hack 2014a, 53–61.

⁶³ Vgl. Hack 2014a, 53.

⁶⁴ Vgl. dazu nach wie vor grundlegend Beck 1911, 5–12. – Zusammenfassend außerdem Berg-Hobohm 2014a.

⁶⁵ Vgl. Koch 1993a, 7–8. – Beck 1911, 34–42. – Zu den frühesten Bildquellen zählen eine Miniatur des Kanalbaus in der Würzburger Bischofschronik des Lorenz Fries und eine handgezeichnete Karte des Weißenburger Waldes. Vgl. <http://franconica.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/fries-101> (1.9.2019). – Fertiger unbekannt, 2. Hälfte 16. Jh.

⁶⁶ Vgl. Beck 1911, 12–29. – Berg-Hobohm 2014a, 2.

lieferung verstanden werden. Informationen zum Bau des Karlsgrabens finden sich dabei ausschließlich in chronikalischen Texten, insbesondere den zahlreichen verschiedenen Versionen der karolingischen Annalen, die jahresweise über wichtige Ereignisse im Fränkischen Reich berichten. Eine Zusammenschau nahm bereits F. Beck vor, doch fehlten ihm Anfang des 20. Jahrhunderts noch grundlegende überlieferungsgeschichtliche und quellenkritische Informationen für eine zuverlässige Gesamtinterpretation. Auch die jüngere Karlsgrabenforschung bis zu den frühen 2000er-Jahren hatte mit dieser Kenntnislücke zu kämpfen und lässt außerdem wiederholt eine ausreichende Quellenkritik vermissen⁶⁷.

Grundlegende Fortschritte der Annalenforschung – insbesondere im Bereich der Überlieferungsgeschichte, Datierung und Interpretation der verschiedenen Textversionen – haben in den letzten Jahren neue Ansätze und Lesarten des Karlsgrabens eröffnet und helfen, diese »notorisch komplizierte« Quellengruppe zu entschlüsseln⁶⁸. Die historiografische Überlieferung wurde darauf aufbauend jüngst durch A. Hack und J. Nelson erneut diskutiert sowie forschungsgeschichtlich und quellenkritisch eingeordnet⁶⁹. Ihre wegweisenden Vorarbeiten bilden den Rahmen der folgenden Ausführungen.

Die relevanten Quellen sollen einzeln vorgestellt und quellenkritisch eingeordnet werden. Den Anfang bilden dabei die streng zeitgenössischen und in ihrem Quellenwert eigenständigen Werke, die ausführlicher zu diskutieren sind. Dazu zählen insbesondere die *Annales regni Francorum*, die *Annales qui dicuntur Einhardi*, die *Annales Laureshamenses*, die *Annales Guelferbytani*, die *Annales Mosellani* und die *Annales Alamannici*. Für jede dieser Quellen werden die für den Kanalbau relevanten Textabschnitte der Jahre 792 und 793 vorgestellt und in ihren Kernaussagen diskutiert.

Die Einordnung der übrigen Annalen auf Basis ihrer Entstehungszeit ist nicht einfach. Jennifer Davis hat jüngst für immerhin etwa 30 Annalen eine Entstehung in der Regierungszeit Karls des Großen vorgeschlagen, in vielen Fällen ist dies aber nicht zweifelsfrei belegbar⁷⁰. Neben der Entstehungszeit ist daher der eigenständige Quellenwert entscheidend. Dazu wurden Abhängigkeiten der vermeintlich jüngeren Überlieferungen von älteren Vorlagen geprüft. Nicht nur jüngere, sondern auch weitgehend von älteren Texten abhängige Überlieferungen werden daher in einem nachfolgenden Kapitel separat und in knapperer Form diskutiert.

***Annales regni Francorum* oder Fränkische Reichsannalen**

Die *Annales regni Francorum* oder Fränkischen Reichsannalen wurden in mehreren Phasen von anonymen Autoren als königsnahe und triumphale Interpretation und Konstruktion der fränkischen Geschichte verfasst, sie sind »the closest thing to ›official history‹ we have from the early Carolingian period«⁷¹. Ab etwa 790 erfolgten die Einträge zeitnah mit den geschilderten Ereignissen, »womöglich sogar schon am Ende des betreffenden Jahres« und damit »streng zeitgenössisch«⁷².

Zum Jahr 792 berichten die *Annales regni Francorum*:

DCCXCII. *Natalem Domini et pascha in Reganeshurg. Heresis Feliciana primo ibi condempnata est; quem Anghilbertus ad praesentiam Adriani apostolici adduxit, et confessione facta suam heresim iterum abdicavit. Eodem anno nullum iter exercitale factum est. Pons super navigia flumina transeuntia factus est, anchoris et funibus ita cohaerens, ut iungi et dissolvi possit. Et celebravit domnus rex natalem Domini, ibi similiter pascha*

⁶⁷ Dazu sehr pointiert Hack 2014a, 53–60. – Vgl. etwa Molkenhuth 2006, 54–80. – Spindler 1998, 50–58.

⁶⁸ McKitterick 2006, 65–66. – Zur jüngeren Grundlagenforschung zu den karolingerzeitlichen Annalen vgl. exemplarisch Collins 1998; 2005. – Garipzanov 2010. – Jong 2010, 63–67. – Lendi 1971. – McKitterick 2004; 2006, 65–89; 2008, 27–43; 2010. – Tischler 2010. – Zingg 2019. – Gute Übersichten bieten außerdem die diversen Einzelartikel in www.geschichtsquellen.de/index.html (9.1.2019) sowie Dunphy 2010.

⁶⁹ Vgl. Hack 2014a. – Nelson 2020.

⁷⁰ Davis 2017, 76.

⁷¹ McKitterick 2008, 31–43, besonders 31; 2004, 101–119. – Jong 2010, 63–67. – Weinfurter 2013, 28–30. – Fried 2013, 23 hält es für gerechtfertigt, in ihnen einen »Tatenbericht des Königs« zu sehen.

⁷² So Hack 2014a, 54. 58. – Kaschke 2010d.

*celebratum est. Et inmutavit se numerus annorum in DCCXCIII*⁷³.

Zusammengefasst vermeldet der Annalist, dass der König Weihnachten 791/792, Ostern 792, Weihnachten 792/793 und Ostern 793 in Regensburg gefeiert hat und dort die Ketzerei des Felix verurteilt wurde. Es fand in diesem Jahr kein Kriegszug statt und eine zerlegbare Schiffsbrücke wurde gebaut⁷⁴.

Zum Jahr 793 berichten die *Annales regni Francorum*:

*DCCXCIII. Rex autumnali tempore de Reganeshurg iter navigio faciens, usque ad fossatum magnum inter Almana et Radantia pervenit, ibique missi apostolici cum magnis muneribus praesentati sunt. Ibi missus nuntiavit Saxones iterum fidem suam fefelisse. Inde per Radantiam in Mohin navale iter peragens, natalem Domini celebravit ad sanctum Chilianum in Wirzinburg. Et inmutatus est numerus annorum in DCCXCIII.*⁷⁵

Wörtlich übersetzt berichtet der Annalist:

»793. Im Herbst kam der König zu Schiff von Regensburg zu dem großen Graben zwischen Altmühl und Rednitz und dort fanden sich Boten des Papstes mit Geschenken ein. Dort meldete ein Bote, die Sachsen hätten wiederum ihr Wort gebrochen. Von hier fuhr er auf der Rednitz zu Schiff in den Main und feierte Weihnachten beim hl. Kilian in Würzburg. Und die Jahreszahl änderte sich in 794.«⁷⁶

Zentrale Informationen dieser Textstelle sind der persönliche Besuch der Baustelle durch den König und die Datierung dieses Besuches in den Herbst 793. Die Reisewege von Regensburg zum großen Graben und von dort weiter nach Würzburg legt Karl sämtlich per Schiff zurück, die Anschlussgewässer Altmühl, Rednitz und Main waren demnach befahrbar

und wurden auch befahren. Da die genannten Gewässer eindeutig identifizierbar sind, lässt sich die Baustelle auf Basis des Textes außerdem zumindest grob lokalisieren. Hervorzuheben ist darüber hinaus der Empfang einer »hochoffiziellen« Gesandtschaft am Ort der Bauarbeiten, ein durchaus unüblicher Rahmen für derartige Staatsgeschäfte und möglicherweise ein Indiz für eine gezielte Inszenierung des Herrschers⁷⁷. Vor der Abreise des Königs trifft die schlechte Nachricht ein, dass die Auseinandersetzungen mit den Sachsen wieder aufgeflammt sind. Über Erfolg oder Misserfolg des Baus berichtet die Quelle nicht. In diesem Kontext ist die von A. Hack herausgestellte Tatsache bedeutsam, dass zum Zeitpunkt des Eintrages zum Jahr 793 – möglicherweise Ende 793 – das finale Ergebnis des Kanalbauversuches vielleicht noch gar nicht absehbar war⁷⁸.

Annales qui dicuntur Einhardi oder die sogenannten Einhardsannalen

Die *Annales qui dicuntur Einhardi* oder sogenannten Einhardsannalen sind eine sprachlich und inhaltlich überarbeitete Version der Fränkischen Reichsannalen. Sie entstanden etwa eine Generation nach dem Bau des Karlsgrabens, aller Wahrscheinlichkeit nach am Hof Ludwigs des Frommen in den ersten Jahren nach dem Tod Karls des Großen. Der Autor ist allerdings nicht Einhard, wie der Name zunächst vermuten lässt, sondern dieser nutzte den Text offenbar als Vorlage für seine *Vita Karoli*⁷⁹. Die inhaltlichen Ergänzungen gegenüber den Reichsannalen stammen nach Ansicht der Forschung aus der persönlichen Erinnerung des Verfassers, aus mündlichen Berichten und Erzählungen anderer Personen und aus heute verlorenen Texten⁸⁰. In weit größerem Maße als in den Fränkischen Reichsannalen werden in diesem Text oppositionelle Positionen, Misslungen und negative Ereignisse berücksichtigt – nicht zuletzt im Zusammenhang mit dem Karlsgraben –,

⁷³ *Annales regni Francorum*, ed. Kurze, 90. 92 und Ed. Rau, 60.

⁷⁴ Vgl. die Übersetzung der *Annales regni Francorum*, ed. Rau, 61.

⁷⁵ *Annales regni Francorum*, ed. Kurze, 92. 94 und ed. Rau, 60–62.

⁷⁶ Übersetzung nach *Annales regni Francorum*, ed. Rau, 61. 63. – Zum Inhalt auch Hack 2014a, 54.

⁷⁷ Vgl. Hack 2014a, 59.

⁷⁸ So Hack 2014a, 58: »Wahrscheinlich war es jedoch noch nicht abzusehen, ob man das Unternehmen im neuen Jahr fortführen würde oder ob es – wie dann tatsächlich geschehen – endgültig aufgegeben werden müsste«.

⁷⁹ Vgl. Jong 2010, 64. – Hack 2014a, 54–55. – Nelson 2015, 222. – Collins 1998. – Kaschke 2010c.

⁸⁰ So McKitterick 2008, 26. – Hack 2014a, 54.

was die Quelle nach A. Hack »besonders glaubwürdig« macht⁸¹.

Zum Jahr 792 berichten die *Annales qui dicuntur Einhardi*:

*DCCXCII. Orgellis est civitas in Pyrinei montis iugo sita, cuius episcopus nomine Felix [...] Huius rei causa ductus ad palatium regis, – nam is tunc apud Reginum Baioariae civitatem, in qua hiemaverat residebat, – ubi congregato episcoporum concilio auditus est, et errasse convictus; ad praesentiam Hadriani pontifices Romam missus, ibi etiam coram ipso in basilica beati Petri apostoli heresim suam damnavit atque abdicavit. Quo facto ad civitatem suam reversus est. Rege vero ibidem aetatem agente, facta est contra illum coniuratio a filio suo maiore, nomine Pippino, et quibusdam Francis, qui se crudelitatem Fastradae reginae ferre non posse adseverabant, atque ideo in necem regis conspiraverant. Quae cum per Fardulfum Langobardorum detecta fuisset, ipse ob meritum fidei servatae monasterio sancti Dionysii donatus est, auctores vero coniurationis ut rei maiestatis partim gladio caesi, partim patibulis suspensi, ob meditatum scelus tali morte multati sunt. Rex autem propter bellum cum Hunis suspectum in Baioaria sedens pontem navalem, quo in Danubio ad id bellum uteretur, aedificavit ibique natalem Domini et sanctum pascha celebravit.*⁸²

Zusammengefasst vermeldet der Annalist, dass der König in Regensburg überwintert hatte. Der Ketzer Bischof Felix wurde dorthin gebracht, in einer bischöflichen Synode verurteilt und nach Rom geschickt. Im Sommer wurde von Fardulf eine Verschwörung von Karls ältestem Sohn Pippin und anderen gegen den König aufgedeckt, woraufhin die des Hochverrates schuldigen Verschwörer teilweise hingerichtet wurden. Der Aufenthalt Karls in Regensburg wird vom Annalist mit dem Krieg gegen die Awaren begründet und er erläutert außerdem,

dass Karl eine Schiffsbrücke bauen ließ, um sie im Rahmen dieses Krieges auf der Donau zu nutzen. Auch Weihnachten 792 und Ostern 793 feierte der König in Regensburg⁸³.

Zum Jahr 793 wird der Bau des Karlsgrabens sehr detailreich beschrieben:

DCCXCIII. Cum rex bellum a se inchoatum conficere cuperet, et Pannoniam iterum petere disposuisset, allatum est copias, quas Theodericus comes per Frisiam ducebat, in pago Hriustri iuxta Wisuram fluvium a Saxonibus esse interceptas atque deletas. Cuius rei nuntio accepto magnitudinem damni dissimulans iter in Pannoniam intermisit.

*Et cum ei persuasum esset a quibusdam, qui id sibi compertum esse dicebant, quod si inter Radantiā et Almonam fluvios eiusmodi fossa ducere-tur, quae esset navium capax, posse percommode a Danubio in Rhenum navigari, quia horum fluviorum alter Danubio, alter Moeno miscetur, confestim cum omni comitatu suo ad locum venit ac magna hominum multitudine congregata totum autumnī tempus in eo opere consumpsit. Ducta est itaque fossa inter praedictos fluvios duum milium passuum longitudine, latitudine trecentorum pedum; sed in cassum. Nam propter iuges pluvias et terram, quae palustris erat, nimio humore naturaliter infectam opus quod fiebat, consistere non potuit; sed quantum interdiu terrae a fossoribus fuerat egestum, tantum noctibus humo iterum in locum suum relabente subsidebat. In hoc opere occupato duo valde displicentia de diversis terrarum partibus adlata sunt: unum erat Saxonum omnimoda defectio, alterum quod Sarraceni Septimaniā ingressi proelioque cum illius limitis custodibus atque comitibus conserto multis Francorum interfectis victores ad sua regressi sunt. Quibus rebus commotus in Franciam reversus est celebravitque natalem Domini apud sanctum Kilianum iuxta Moenum fluvium, pascha vero super eundem fluvium in villa Franconovurd, in qua et hiemaverat.*⁸⁴

⁸¹ Hack 2014a, 54. – Vgl. auch McKitterick 2004, 117–118. – Jong 2010, 64–65.

⁸² *Annales qui dicuntur Einhardi*, ed. Kurze, 91. 93.

⁸³ Vgl. die Übersetzung in King 1987, 124–125.

⁸⁴ *Annales qui dicuntur Einhardi*, ed. Kurze, 93. 95.

Wörtlich übersetzt berichtet der Autor:

»793. Wie der König den von ihnen angefangenen Krieg zu Ende führen wollte und Anstalten traf, abermals nach Pannonien zu ziehen, erhielt er die Nachricht, die Truppen, die der Graf Theoderich durch Friesland führte, seien in Rüstringen an der Weser von den Sachsen verraten und aufgerieben worden. Auf diese Kunde hin gab er, ohne die Größe des Verlustes bekannt zu geben, den Zug nach Pannonien auf.

Nun war er von etlichen, welche die Sache zu verstehen behaupteten, überzeugt worden, daß, wenn zwischen Rednitz und Altmühl ein schiffbarer Graben geführt würde, man ganz bequem von der Donau in den Rhein fahren könnte, da der eine von jenen Flüssen in die Donau, der andere in den Main mündet. Darum begab er sich sogleich mit seinem ganzen Gefolge in die Gegend, ließ eine große Menge Menschen dahinkommen und den ganzen Herbst hindurch daran arbeiten. Es wurde also zwischen diesen beiden Flüssen ein Graben gezogen, zweitausend Schritte lang und dreihundert Fuß breit; jedoch umsonst. Denn bei anhaltendem Regen und da das sumpfige Erdreich schon von Natur aus zu viel Nässe hatte, konnte die Arbeit keinen Halt und Bestand gewinnen, sondern wieviel Erde bei Tag von den Grabenden herausgeschafft wurde, soviel setzte sich wieder bei Nacht, indem die Erde wieder an die alte Stelle einsank. Während er mit diesen Arbeiten beschäftigt war, trafen aus verschiedenen Landesteilen zwei sehr üble Nachrichten ein. Die eine betraf die allgemeine Empörung der Sachsen, die andere besagte, die Sarrazenen seien in Septimanie eingefallen, hätten der Grenzbesatzung und den dortigen Grafen ein Treffen geliefert, in dem viele Franken erschlagen wurden, und seien dann siegreich in ihr Land zurückgekehrt. Das bewog den König, sich wieder nach Francien zu begeben: Er feierte Weihnachten zu St. Kilian am Main, Ostern aber an demselben

Fluß auf dem Hofgut Frankfurt, wo er auch den Winter zugebracht hatte.«⁸⁵

Gegenüber den Fränkischen Reichsannalen liefert der Text unzählige Zusatzinformationen: Für das Jahr 793 war demnach ein Kriegszug gegen die Awaren geplant, der aufgrund von schweren Verlusten eines fränkischen Kontingentes in Auseinandersetzungen mit den Sachsen aufgegeben wurde. In dieser Gemengelage traten im Einzelnen unbekannte vermeintliche Experten auf den Plan und überzeugten den König, dass eine schiffbare Verbindung zwischen Donau und Rhein durch Anlage eines Grabens möglich wäre. Nicht nur der König selbst, sondern auch sein Gefolge begaben sich daraufhin zur Baustelle, an der eine große Menge an Arbeitern zusammengezogen wurde und den ganzen Herbst hindurch – also wohl bis zu Beginn des Winters – tätig war. Die Dimensionen des Grabens werden in Schritt- und Fußmaß genannt, außerdem finden Charakteristika des Baugrundes und Witterungsbedingungen Erwähnung. Besonders bedeutsam ist schließlich die Schilderung des Scheiterns der Bauarbeiten und der Ursachen für dieses Scheitern. Als Erklärung für die Abreise des Königs nennt der Autor nach der Schilderung der bautechnischen Probleme ganz explizit die schlechten Nachrichten aus anderen Reichsteilen⁸⁶.

***Annales Laureshamenses* oder Lorscher Annalen**

Die *Annales Laureshamenses* oder Lorscher Annalen sind nach Jinty Nelson (fast) genauso zeitgenössisch wie die streng zeitgenössischen Fränkischen Reichsannalen und repräsentieren mindestens ab 785 einen unabhängigen Bericht der Ereignisse⁸⁷. Dass der bzw. die im Einzelnen unbekannten Autoren in Lorsch (Lkr. Bergstraße/DE) zu verorten sind, ist umstritten – R. McKitterick argumentiert beispielsweise für eine Entstehung im Umfeld des Klosters Reichenau (Lkr. Konstanz/DE)⁸⁸.

⁸⁵ Übersetzung *Annales qui dicuntur Einhardi*, ed. Rau, 61. 63.

⁸⁶ Zum Inhalt zusammenfassend auch Hack 2014a, 55–61.

⁸⁷ Nelson 2015, 223. – In diesem Sinne auch Kaschke 2010b. – McKitterick 2004, 104–111; 2010, 109.

⁸⁸ Collins 2005, 54–64. – Kaschke 2010b. – McKitterick 2004, 104–111 besonders 110; 2006, 77–78. – Pokorný 2013, 9.

Zum Jahr 792 berichten die *Annales Laureshamenses*:

792. Eodem anno resedit rex in Paioaria, et apud Reganesburg celebravit pascha. Sed et propinquante aestivo tempore Saxones, aestimantes quod Avarorum gens se vindicare super christianos debuisset [...] Sed et missos suos ad Avaros transmittentes conati sunt in primis rebellare contra Deum, deinde contra regem et christianos [...] Et in ipso anno inventum est consilium pessimum, quod Pippinus filius regis, ex concubina Himildrude nomine genitus [...] Sed Carolus rex, cum cognovisset consilium Pippini et eorum qui cum ipso erant, coadunavit conventum Francorum et aliorum fidelium suorum ad Reganesburge [...] Nam de Pippino filio, quia noluit rex ut occideretur, iudicaverunt Franci, ut ad servitium Dei inclinare debuisset; quod et ita factum est, et misit iam clericum in monasterio [...].⁸⁹

Zusammengefasst vermeldet der Annalist, dass der König im Jahr 792 in Regensburg residierte. Im Sommer erhoben sich die Sachsen und traten außerdem in Kontakt zu den Awaren. Im selben Jahr wurde die Verschwörung von Karls Sohn Pippin aufgedeckt, der den König töten und an seiner Stelle regieren wollte. Daraufhin rief Karl eine Versammlung seiner Getreuen in Regensburg zusammen, auf der Pippin und seine Mitverschwörer verurteilt wurden, von denen viele Besitz und Leben verloren. Pippin jedoch wurde verschont und als Mönch in ein Kloster geschickt⁹⁰.

Zum Jahr 793 wird neben anderen Ereignissen der Befehl zum Bau des Karlsgrabens beschrieben:

793. Ipso hieme iterum fecit rex conventum apud Reganesburge; et cum cognovisset fideles suos, episcopos, abbates et comites, qui cum ipso ibi aderant, et reliquum populum fidelem, qui cum Pippino in ipso consilio pessimo non errant, eos multipliciter honoravit in auro et argento et sirico et donis plurimis. Et in ipso hieme transmisit rex duos filios suos Pippinum et Hluduwicum cum hoste in terra

Beneventana; et facta est ibi famis validissima, et super populum illum quem ibi inventus est, et super exercitum qui advenerat, ita ut aliquanti nec ipsam quadringesimam se ab esu carniū abstinere poterant. Sed et famis valida in Burgundia et per aliqua loca in Francia incumbibat, ita ut multi ex ipsa fame mortui fuissent. Et domnus rex cum apud Reganesburg iterum celebrasset pascha, et in estivo tempore voluisset cum navibus venire in Franciam, et aliquem fossatum iussisset facere inter duo flumina, id est inter Almona et Ratanza, et ibi multum demorasset, Saracini qui in Spaniis erant, exestimantes quod Avari contra regem fortiter dimicassent, et ob hanc causam in Francia eum venire non licuisset, egressi sunt de finibus suis in aliquam partem Gotiae, et coniungentes se ibi ad nostros; et ceciderunt ibi multitudo eorum, sed et de parte nostra ibi multi interfecti sunt. Rex tamen, Christo adiuvante, de eodem loco navigio pervenit ad Franconofurt, et ibi ipsum hiemem resedit.⁹¹

Wörtlich übersetzt berichtet der Annalist:

»793. In diesem Winter hielt Karl eine Reichsversammlung in Regensburg ab; und als er seine Getreuen, Bischöfe, Äbte und Grafen identifiziert hatte, die dort mit ihm weilten, und den Rest der treuen Menschen, die Pippin bei dieser überaus bösen Verschwörung nicht unterstützt hatten, belohnte er sie reichlich mit Gold und Silber, Seide und unzähligen Geschenken. Und in diesem Winter schickte der König seine zwei Söhne Pippin und Ludwig mit einem Heer in das Gebiet von Benevent; und dort trat eine äußerst schlimme Hungersnot auf, die sowohl die dort lebenden Menschen als auch das eintreffende Heer traf, sodass es vielen nicht möglich war, während der Fastenzeit auf das Essen von Fleisch zu verzichten. Aber eine schlimme Hungersnot traf auch Burgund und einige andere Teile der Francia, sodass viele aufgrund dieser Hungersnot starben. Und der König wollte, nachdem er Ostern in Regensburg feierte, im Sommer zu Schiff in die

⁸⁹ *Annales Laureshamenses*, ed. Pertz, 35.

⁹⁰ Übersetzung nach King 1987, 139–140.

⁹¹ *Annales Laureshamenses*, ed. Pertz, 35.

Francia reisen, und hatte Befehl gegeben dass ein gewisser Kanal zwischen zwei Flüssen gebaut werden sollte, namentlich der Altmühl und der Rednitz, und er blieb lange Zeit an diesem Platz, als die Sarazenen in Spanien, im Glauben dass die Awaren energisch gegen den König gekämpft hatten und er aus diesem Grund davon abgehalten worden war in die *Francia* zu kommen, einen Ausfall aus ihrem Gebiet in einen Teil von *Gothia* machten, wo sie mit den Unseren kämpften; Eine Vielzahl von Ihnen fiel dort, aber auch viele auf unserer Seite wurden dort getötet. Der König jedoch, mit der Hilfe von Christus, gelangte von diesem Platz zu Schiff nach Frankfurt und überwinterte dort.«⁹²

Verglichen mit den Fränkischen Reichsannalen und den sogenannten Einhardsannalen liefert der Text einige zusätzliche bzw. abweichende Informationen. Zu Beginn des Eintrages wird spezifiziert, welche Getreuen sich 793 mit dem König in Regensburg aufhielten, u. a. Bischöfe, Äbte und Grafen. Ein Teil des Heeres war im Winter bzw. während der Fastenzeit um Ostern herum mit Karls Söhnen in Norditalien im Einsatz und wurde dort mit einer schlimmen Hungersnot konfrontiert, die auch andere Teile des Frankenreiches schwer traf. Der Annalist spezifiziert weiterhin, dass der König nach Ostern zu Schiff in die westlichen Reichsteile reisen wollte und Befehl gegeben hatte, den Kanal zwischen Altmühl und Rezat zu errichten. Die Verwendung des Plusquamperfektes – *fossatum iussisset facere* – kann in Anlehnung an J. Nelson so gelesen werden, dass dieser Befehl bereits zu einem früheren Zeitpunkt erfolgt war⁹³. Wiederum wird betont, dass der König sich lange an der Baustelle aufhielt und dort von einem Einfall der Sarazenen erfuhr, bei dem größere Verluste eigener Truppen zu beklagen waren. Die Abreise des Königs zu Schiff deckt sich mit den bereits

vorgestellten Quellen, jedoch wird hier die Zwischenstation Würzburg übersprungen und als Zielort der Reise ist direkt Frankfurt genannt.

***Annales Guelferbytani* oder Wolfenbütteler Annalen**

Die *Annales Guelferbytani* oder Wolfenbütteler Annalen sind nach J. Nelson für die betreffenden Jahre, wie die *Annales Laureshamenses*, (fast) genauso zeitgenössisch wie die Fränkischen Reichsannalen⁹⁴. Sie sind nur in einer einzigen Handschrift überliefert und 812/813 aufgezeichnet worden⁹⁵. Die älteren Einträge bis 789 beruhen auf Vorlagen aus dem Umfeld des Klosters Murbach im Elsass. Von 791 bis 805 liefern die Annalen allerdings eine individuelle und unabhängige Schilderung der Ereignisse, in der insbesondere zu den Jahren 792/793 »die überprüfbaren Fakten richtig dargestellt« sind⁹⁶. I. Garipzanov hat für die Entstehung dieser Annalen eine direkte Verbindung zur Pfalz Karls des Großen in Regensburg vorgeschlagen⁹⁷. Sie beinhalten demnach lokale Informationen bzw. allgemeiner eine lokale Perspektive⁹⁸.

Zum Jahr 792 berichten die *Annales Guelferbytani*:
*792. karolus rex resedit reganespuruc et rebellabant se saxones et sclavi et fresi ex parte et iterum misit pippinum et chlodouuicum cum exercitu in beneuentum. Et revelatum est consilium pippini pravissimum et iudicia ad mortem consiliatores eius.*⁹⁹

Zusammengefasst vermeldet der Annalist zum Jahr 792, dass der König in Regensburg residierte und Teile der Sachsen, Slawen und Friesen rebellierten. Er schickte Pippin und Ludwig mit dem Heer nach Benevent, die Verschwörung Pippins wurde aufgedeckt und seine Mitverschwörer wurden zum Tode verurteilt¹⁰⁰.

⁹² Übersetzung nach Nelson 2015, 222 und King 1987, 140.

⁹³ Vgl. die aktuellste verfügbare Übersetzung in Nelson 2015, 222: »And the lord king, after spending Easter at Regensburg, in the summer had wanted to get to Francia by boat, and had given orders that a certain canal should be made«.

⁹⁴ Nelson 2015, 223. – Vgl. dazu auch McKitterick 2008, 257 Anm. 195.

⁹⁵ Vgl. Lendi 1971. – Garipzanov 2010, 105–113.

⁹⁶ Zur Individualität Davis 2017, 193–194. – Zum Zitat Hack 2014a, 59. – Vgl. auch Garipzanov 2010, 110–112. – Lendi 1971, 126–127.

⁹⁷ Vgl. Garipzanov 2010. – Corradini/Diesenberg 2010a, Anm. 34. – Vgl. außerdem Lendi 1971. – McKitterick 2006, 82.

⁹⁸ Vgl. Nelson 2015, 224. – Garipzanov 2016, 68. – McKitterick 2008, 36.

⁹⁹ *Annales Guelferbytani*, ed. Lendi, 167.

¹⁰⁰ Übersetzung nach Garipzanov 2010, 119.

Zum Jahr 793 wird u. a. vom Bau des Karlsgrabens berichtet:

793. karolus rex resedit reganespuruc. inde trans-
misit scara sua ubi necesse fuit. post hec egrediens
navigio pervenit in sualafeld ad fossatum magnum.
hieme inchoante cum illis navibus et per terram
tractis et per flumina venit ad franchonofurt et ibi
hiemavit.¹⁰¹

Wörtlich übersetzt berichtet der Annalist:

»793. Der König hielt sich in Regensburg auf. Von dort schickte er seine (Spezial-)Truppen dort-
hin¹⁰² wo es nötig war; und nachdem er von dort
aufbrach kam er zu Schiff in das Sualafeld zum
großen Graben. Als der Winter begann, kam er
mit diesen Booten, die über Land und Flüsse ge-
zogen wurden, nach Frankfurt, wo er überwin-
terte.«¹⁰³

Mehrere Aspekte dieses Eintrages sind von Bedeu-
tung. Zunächst ist der Einsatz der *scara* zu nennen,
die von Regensburg aus zu ihren Einsätzen geschickt
wurden – ohne dass dies näher erläutert wird. *Scara*
wird dabei sehr unterschiedlich übersetzt. Während
J. Nelson es als »spezielle Truppen« interpretiert,
versteht I. Garipzanov es als »berittene Einheiten/
Reiter«¹⁰⁴. H.-H. Kortüm bezeichnet sie dagegen als
»stehende Truppen« und besonders gut ausgebilde-
te »hochmobile Interventionskräfte«, über die der
König direkt verfügen konnte¹⁰⁵. Die Verwendung
des Begriffes an verschiedenen Stellen der *Annales*
Regni Francorum legt auf jeden Fall nahe, dass der
Terminus ein bestimmtes Truppenkontingent bzw.
ganz allgemein eine unabhängig operierende Ein-
heit bezeichnet: 774 befinden sich beispielsweise vier

scaras im Einsatz gegen die Sachsen, 776 werden
scaras als feste Besatzung in (Grenz-) Befestigung-
en stationiert¹⁰⁶. Da in den *Annales Guelferbytani*
nicht spezifiziert wird, wo genau ihr Einsatz erfolgte,
wäre prinzipiell auch ein Zusammenhang mit dem
im nächsten Textabschnitt genannten Karlsgraben
denkbar.

Singulär ist in dieser Quelle die Lokalisierung
des Kanals im Sualafeld, wohingegen Nennungen
der Flüsse fehlen¹⁰⁷. Hervorzuheben und ebenfalls
einziger ist außerdem die Beschreibung der Wei-
terreise des Königs, bei der die Schiffe sowohl über
Land als auch über bzw. entlang der Flüsse gezogen
wurden¹⁰⁸. Darüber hinaus berichtet der Annalist,
dass Karl zu Beginn des Winters bereits in Frankfurt
angekommen war.

***Annales Mosellani* oder Annalen aus dem Moselraum**

Auch die *Annales Mosellani* oder Annalen aus dem
Moselraum sind nach J. Nelson für die betreffenden
Jahre ebenfalls (fast) genauso zeitgenössisch wie die
Fränkischen Reichsannalen und repräsentieren eine
unabhängige Überlieferung¹⁰⁹. R. McKitterick hält
eine Entstehung noch im ausgehenden 8. Jahrhun-
dert bzw. nach 797 für wahrscheinlich und Timo-
thy Newfield verweist auf eine Zusammenstellung
in den frühen 790er-Jahren entweder in Metz oder
Köln¹¹⁰. Für die Einträge der Jahre 792/793 ist eine
systematische Verschiebung der Jahreszahlen um
ein Jahr durch den Schreiber zu berücksichtigen –
was bezüglich des Karlsgrabenbaus stellenweise
weitreichende Fehlinterpretationen nach sich gezo-
gen hat¹¹¹.

¹⁰¹ *Annales Guelferbytani*, ed. Lendi, 169.

¹⁰² Alternative Übersetzung nach Garipzanov 2010, 119: »dann wenn
es nötig war«.

¹⁰³ Übersetzung nach Nelson 2015, 223 und Garipzanov 2010, 119.

¹⁰⁴ Vgl. Nelson 2015, 223: »special troops«. – Garipzanov 2010, 119:
»cavalry«.

¹⁰⁵ So Kortüm 2014, 137.

¹⁰⁶ Vgl. exemplarisch *Annales regni Francorum*, ed. Kurze, 40: »mittens
quatuor scaras in Saxoniam«. – *Annales regni Francorum*, ed. Kurze, 48:
»Et perfecta supradicta castella et disposita per Francos scaras rese-
dentes et ipsa custodientes«.

¹⁰⁷ Nelson 2015, 224; 2020. – Lendi 1971, 127.

¹⁰⁸ Vgl. Lendi 1971, 128. – Hack 2014a, 59. – Garipzanov 2016, 68.

¹⁰⁹ Nelson 2015, 223. – McKitterick 2006, 69.

¹¹⁰ McKitterick 2004, 108; 2006, 69; 2008, 85. – Newfield 2013, 130.

¹¹¹ Zum Versatz Mordek 2005, 30. – *Annales Mosellani*, ed. Lappenberg,
498. Die Verschiebung betrifft alle Jahre von 791–796. – Ein Beispiel für
eine entsprechende Fehldeutung liefert Spindler 1998, 53, der die Erdarbei-
ten auf Basis dieser Quelle in das Jahr 792 verlegen möchte.

Zum Jahr 792 berichten die *Annales Mosellani*:

791. Hoc anno Karlus, postquam anno preterito de Pannonia reversus est, in ipsa civitate Reganesburg resedit per totum anni spacium, id est de nativitate usque ad nativitatem Domini. Ibi eodem exercitus Francorum tempore aestivo more solito convenit, excepto, quod quaedam pars exercitus eius, quae per Frisones et Saxones navigio venire debuit, ab eisde decepta est gentibus et magna ex parte perempta; quique etiam caede peracta rursum pagani effecti sunt. Ipsoque anno tempore autumnus eiusdem regis primogenitus filius nomine Pippinus, ex concubina eius Himiltrude natus, in tanto scelere inventus est, ut regnum sibi patris, patrem et fratrem occidendo, fraude subripere delibaret. Cui quam plures ex nobilissimis iuvenibus seu senioribus Francorum sociati, ab eodem rege reperti atque alii suspensi, alii decollati, alii flagellati atque exiliati sunt. Caepit autem eodem anno statim tempore messis tanta famis esse, quae qualiter, vel quousque excreverit, sequentis anni describit ordo.¹¹²

Zusammengefasst vermeldet der Annalist zum Jahr 792, dass Karl nach seiner Rückkehr aus Pannonien im Jahr zuvor dauerhaft in Regensburg residierte. Dort kam im Sommer, wie es üblich war, das Fränkische Heer zusammen, abgesehen von einem Heeres- teil, der zu Schiff bei den Sachsen und Friesen operierte und – von diesen hintergangen – zu großen Teilen aufgerieben worden war. Im Herbst erhob sich Karls ältester Sohn Pippin gemeinsam mit vielen edlen Franken gegen seinen Vater und die Aufständischen wurden hart bestraft. Im selben Jahr begann zur Erntezeit eine große Hungersnot, die sich gegen Ende des Jahres 792 und zu Beginn des Jahres 793 verschlimmerte¹¹³.

Zum Jahr 793 hat der Annalist, wiederum mit verschobener Jahreszahl, Folgendes zu vermelden:

792. Hoc anno isdem Karlus rex in praefata urbe nativitatem Domini celebrate totum pene sequente

anno ibidem resedit, excepto quod circa tempus automni ad quendam aquaeductum quem inter Danuvium fluvium et Radantiam alveum facere caeperat, secessit ibique praefato operi sedulus insistens, partem huius anni que supererat pene perstetit; praeter quod paucis diebus ante natale Domini ad Sanctum Kilianum praefatum opus imperfectum derelinquens advenit ibique eandem natalem Domini cum fine huius anni et initio alterius celebravit. Famis vero, quae anno priori caepit, in tantum excrevit, ut non solum alias immundicias, verum etiam, peccatis nostris exigentibus, ut homines homines, fratres fratres ac matres filios comedere coegit. Ostensa autem eodem anno in ipso regno per diversa loca verno tempore falsa annona per campos et silvas atque paludes innumera multitudo, quam videre et tangere poterant, sed comedere nullus. Sarraceni quoque de Spania prorpentes strages nostrorum fecerunt.¹¹⁴

Wörtlich übersetzt wird Folgendes berichtet:

»In diesem Jahr blieb ebendieser König für fast das gesamte Jahr in der zuvor erwähnten Stadt, nachdem er dort den Geburtstag des Herrn feierte, abgesehen davon dass er um den Herbst herum zu einem gewissen Kanal auszog, den er zwischen den Flüssen Donau und Rednitz zu bauen begonnen hatte, und dort trieb er das gerade erwähnte Projekt entschlossen voran, und er blieb dort für fast den gesamten restlichen Teil des Jahres; abgesehen davon, dass er wenige Tage vor Weihnachten zu St. Kilian kam, wobei er das zuvor erwähnte Projekt unvollendet zurückließ, und dort Weihnachten feierte und das Ende dieses Jahres und den Beginn des Nächsten. Aber die Hungersnot, hervorgerufen durch unsere Sünden, die im vorangehenden Jahr begonnen hatte, verschlimmerte sich in solchem Maße, dass sie, neben anderen Abscheulichkeiten, Männer dazu trieb Männer zu essen, Brüder ihre Brüder und Mütter ihre Kinder. Und im Frühjahr diesen Jahres trat an verschiedenen Orten des

¹¹² *Annales Mosellani*, ed. Lappenberg, 498.

¹¹³ Dazu Nelson 2020. – Newfield 2013, 129. – Die Übersetzung basiert auf King 1987, 135.

¹¹⁴ *Annales Mosellani*, ed. Lappenberg, 498.

Reiches, in Feldern und Wäldern und Sümpfen, in großer Menge falsches Korn auf, das die Menschen zwar sehen und berühren, nicht aber essen konnten. Außerdem brachen die Sarazenen aus Spanien hervor und verursachten ein Gemetzel unter unseren Leuten.«¹¹⁵

Verschiedene Kernaussagen des Textes sind im Kontext des Kanalbaus besonders hervorzuheben. Zunächst sind dabei die präzise chronologische Angabe der Abreise des Königs aus Regensburg zur Kanalbaustelle etwa zur Herbstzeit zu nennen – und seine Ankunft in Würzburg wenige Tage vor Weihnachten. Daraus lässt sich ein genaueres Zeitfenster ableiten als aus den meisten anderen Versionen der Annalen. Darüber hinaus weiß der Annalist zu berichten, dass Karl den Bau bereits begonnen hatte – *aquaeductum facere caeperat* –, als er zur Baustelle aufbrach¹¹⁶. Der auf den ersten Blick eher ungewöhnliche Begriff *aquaeductus* ist dabei als wasserführender Kanal bzw. Schifffahrtskanal zu verstehen und in diesem Falle bedeutungsgleich mit dem andernorts häufiger verwendeten *fossa*¹¹⁷. Besonders hervorgehoben wird des Weiteren, dass der König sich einen erheblichen Teil des Jahres an der Baustelle aufhielt, das Vorhaben mit großem persönlichem Einsatz forcierte – und das Werk bei seiner Abreise Ende 793 unvollendet zurückließ. Als Ergänzung des Eintrages zum Vorjahr ist die ausführliche Schilderung der Verschlimmerung der Hungersnot zu sehen, die offenbar zumindest regional dramatische Ausmaße angenommen hatte. Hinzu kommt die Hiobsbotschaft einer vernichtenden Niederlage eigener Truppen gegen die Sarazenen.

***Annales Alamannici* oder Alamannische Annalen**

Die *Annales Alamannici* oder Alamannische Annalen sind in zwei Handschriften überliefert, von denen der *Codex Turicensis* aus St. Gallen als maßgeblich anzusehen ist und den folgenden Ausführungen zugrunde liegt¹¹⁸. Bis zum Eintrag des Jahres 799 oder nach R. Zingg »zumindest bis zum Jahr 793« basiert die Abschrift des *Codex Turicensis* auf einer verlorenen Vorlage aus dem Kloster Murbach im Elsass (Dép. Haut-Rhin/FR), die auch für die *Annales Nazariani* und *Annales Guelferbytani* Verwendung fand¹¹⁹. Spätestens ab dem Eintrag zum Jahr 799 steht das Werk in Verbindung zum Kloster Reichenau und wurde dort kopiert bzw. fortgeführt, weitere Ergänzungen und Bearbeitungen erfolgten in St. Gallen (Kt. St. Gallen/CH)¹²⁰. Die Einträge zu den Jahren 792/793 sind nach Walter Lendi als stilistisch und inhaltlich eigenständige, mehr oder weniger zeitgenössische und außerdem zuverlässige Überlieferung zu betrachten¹²¹.

Zum Jahr 792 berichten die *Annales Alamannici*:

*792. rex karolus regenesbure. saxones et frisones mentiti sunt et pipinus comam capitis deposuit et quosdam de francis occisi et suspensi propter consilium pessimum quod fecerunt super karolum regem. et fossatum iussit facere.*¹²²

Weitgehend wörtlich übersetzt wird Folgendes geschildert:

»Der König war in Regensburg. Sachsen und Friesen brachen ihr Wort und Pippin wurde geschoren und diejenigen Franken, die am schlimmen Verrat gegen König Karl mitgewirkt hatten, wurden gemartert und gehängt. Und er befahl einen Graben zu machen.«¹²³

¹¹⁵ Übersetzung nach King 1987, 136. – Nelson 2015, 223; 2020.

¹¹⁶ Auf die Vergangenheitsform hat u. a. bereits Haywood 2006, 146 Anm. 57 verwiesen.

¹¹⁷ Dazu Hack 2014a, 56. – Zur Begriffsverwendung im Wasserbau allgemein Elmshäuser 1992, 2–3.

¹¹⁸ Vgl. Lendi 1971, 118–126. – Kaschke 2010a. – Zingg 2019, 42–50. – McKitterick 2006, 82. – www.geschichtsquellen.de/repOpus_00172.html (14.1.2019).

¹¹⁹ So Zingg 2019, 42–47.

¹²⁰ Vgl. Zingg 201, 42–47. – Lendi 1971, 118–126. – Kaschke 2010a.

¹²¹ Lendi 1971, 125–126.

¹²² *Annales Alamannici*, ed. Lendi, 166.

¹²³ Übersetzung durch den Verf.

Außergewöhnlich ist die Nennung des Befehls zum Bau des Kanals bereits zum Jahr 792. A. Hack hält diese Datierung für »irrtümlich« – doch ein Vergleich mit der sehr ähnlichen Formulierung in den *Annales Laureshamenses* lässt Zweifel an dieser Deutung aufkommen¹²⁴. Die *Annales Laureshamenses* berichten im Plusquamperfekt, dass der König im Jahr 793 den Baubefehl gegeben hatte – *fossatum iussisset facere*¹²⁵. Im Gegensatz dazu verwendet der Autor des Eintrages zum Jahr 792 in den *Annales Alamannici* das Verb *iubere* im Perfekt – *fossatum iussit facere*. Da der im Jahr 793 bereits erfolgte Befehl zu einem erheblich früheren Zeitpunkt und damit auch bereits 792 gegeben worden sein kann, stehen beide Einträge nicht im Gegensatz zueinander. Es wäre daher durchaus denkbar, dass beide Textvarianten lediglich alternative Wege des Erinnerns und Beschreibens des Baubefehls darstellen¹²⁶.

Zum Jahr 793 berichtet der Annalist:

793. *vuillihelmus pugnavit cum saracenos ad narbona et perdidit ibi multos homines et occidit unum regem ex ipsis cum multitudine saracenorum et gerho episcopo murbach monasterium datum est.*¹²⁷

Übersetzt ist dem Text zum Jahr 793 demnach Folgendes zu entnehmen:

»Wilhelm kämpfte mit den Sarazenen bei Narbonne und verlor viele Männer und er tötete einen ihrer Könige zusammen mit vielen Sarazenen. Und Bischof Gerhoh wurde das Kloster Murbach übertragen.«¹²⁸

Neben den bereits bekannten und auch in anderen Versionen der Annalen verzeichneten Auseinandersetzungen mit den Sarazenen enthält der Text eine nur dort enthaltene lokale Information: die Übertragung des Klosters Murbach, wo dieser Teil der *Annales Alamannici* entstanden ist, an Bischof Gerhoh,

seines Zeichens seit 787/788 Bischof von Eichstätt (Lkr. Eichstätt/DE) im unmittelbaren Umfeld des Karlsgrabens¹²⁹. Auf diesen Zusammenhang wird an späterer Stelle näher einzugehen sein.

Jüngere und nicht eigenständige schriftliche Überlieferung

Jüngere und nicht eigenständige Versionen der fränkischen Annalen

Neben den im vorangehenden Kapitel detailliert vorgestellten Versionen der fränkischen Annalen mit gesichertem individuellem Quellenwert liegen zahlreiche weitere Nennungen in frühmittelalterlichen Abschriften, nicht eigenständigen Überlieferungssträngen und weniger zuverlässigen Varianten vor. Nach A. Hack haben diese Texte im Wesentlichen »keinerlei eigenständigen Quellenwert« und »sind für die Rekonstruktion der Ereignisse vernachlässigbar«¹³⁰. Gleichwohl soll ein kurzer Überblick vor allem derjenigen Quellen gegeben werden, die in der Sekundärliteratur häufig für die Diskussion des Karlsgrabenbaus herangezogen wurden.

Das in der ersten Hälfte des 9. Jahrhunderts kompilierte *Chronicon Moissiacense*, benannt nach dem französischen Kloster Moissac (Dép. Tarn-et-Garonne/FR), stützt sich maßgeblich auf die *Annales Laureshamenses*, die *Annales regni Francorum* und eine verschollene Vorlage, die W. Kettmann als »*Annales Benedicti Anianensis*« bezeichnet hat¹³¹. Der Eintrag zum Jahr 793 mit Nennung des Kanalbaus ist bis auf Details zu den Ereignissen in Spanien und an der westlichen Reichsgrenze praktisch wortgleich aus den *Annales Laureshamenses* entnommen, die als Vorlage im früheren 9. Jahrhundert nach Septimanie gelangt sein müssen¹³². Anzuführen ist außerdem das zum Jahr 793 quasi identische

¹²⁴ So Hack 2014a, 56.

¹²⁵ *Annales Alamannici*, ed. Pertz, 35.

¹²⁶ Vgl. dazu insbesondere Werther u. a. 2020.

¹²⁷ *Annales Alamannici*, ed. Lendi, 168.

¹²⁸ Übersetzung durch den Verf. – Vgl. in Ausschnitten die Übersetzung in King 1987, 158.

¹²⁹ Zur Person Gerhohs Lendi 1971, 118. – Wendehorst 2006, 32–33. – Störmer 1997, 217. – Weinfurter 2010, 33–37.

¹³⁰ Hack 2014a, 55–56. 62.

¹³¹ www.geschichtsquellen.de/repOpus_01131.html (14.1.2019). – *Chronicon Anianense/Chronicon Moissiacense*, ed. Kettmann, 33–40.

¹³² *Annales Laureshamenses*, ed. Pertz, 35. – *Chronicon Anianense/Chronicon Moissiacense*, ed. Kettmann, 485. 521–524 Beilage 2, 64. 66.

und in seiner Entstehung eng mit dem *Chronicon Moissiacense* verbundene **Chronicon Anianense**¹³³.

Zum Jahr 793 wird berichtet:

*Sed famis ualida in italia et burgundia et per aliqua loca in francia [...] Et rex karolus cum apud reganesburg iterum celebrasset pascha et in estiuo tempore uoluisset cum nauibus uenire in francia iussit fossato magno facere inter duo flumina id est inter alomonia et ratanza ibique multum demoratus est. His temporibus regnabat in spania [...] misit abdelmec unum ex principibus suis exercito magno sarracenorum ad uastandam gallias [...] obuam eis exiit VVilelmus et alii comites francorum cum eo [...] Sarraceni uero collecta spolia reuersi sunt in spania. Rex autem karolus Christo adiuuante de eodem loco ubi fossatum fieri iussit nauigio peruenit ad franconofurt. Et ibi ipsum hiemem resedit.*¹³⁴

Bezüglich des Kanalbaus haben beide Texte keinen eigenständigen Quellenwert.

Die **Annales Fuldenses** oder *Annales regni Francorum orientalis*, deren Entstehungsgeschichte nicht im Detail bekannt ist, beruhen bis 829 auf den *Annales regni Francorum*¹³⁵. Nach J. Davies dürften die relevanten Abschnitte noch in der Regierungszeit Karls des Großen entstanden sein¹³⁶. Zum Jahr 793 berichten sie: »Fossa a rege facta est inter Radantiam et Alcomonam fluvios«¹³⁷. Eine individuelle Perspektive ist auch für diesen eng an die Fränkischen Reichsannalen angelehnten Textabschnitt nicht zu verzeichnen.

Auch die nach dem früheren Besitzer J. du Tillet benannten **Annales Tiliani**, nach J. Davies vermutlich noch während der Regierungszeit Karls des Gro-

ßen kompiliert, beruhen im relevanten Abschnitt auf den *Annales regni Francorum*¹³⁸. Der Eintrag zum Jahr 793, der wie die vorangehenden Jahre mit einer um ein Jahr verschobenen Jahreszahl (794) versehen ist, ist bis auf einige Umstellungen, Auslassungen und Schreibvarianten wortgleich mit der verwendeten Vorlage:

*Autumni tempore de Ragnisburg iter navigio faciens, usque ad magnum fossatum inter Alemana et Radentia pervenit; ibi missi apostolici cum magnis muneribus praesentati sunt: et missi venientes nunciaverunt Saxones iterum esse mentitos. Inde reversus celebravit natale Domini ad sanctum Cilianum.*¹³⁹

Unter Verwendung der *Annales Fuldenses* entstanden im 9. Jahrhundert im Rheingebiet die **Annales Sithienses**, die in einer Handschrift des Klosters St. Bertin/Sithiu in Saint-Omer (Dép. Pas-de-Calais/FR) aus dem 11. Jahrhundert erhalten sind¹⁴⁰. Zum Jahr 793 wird fast wortgleich mit den *Annales Fuldenses* berichtet: »Fossa a rege facta inter Radantiam et Alcomonam fluvios [...]«¹⁴¹.

Die **Annales sancti Emmerammi Ratisponensis maiores** berichten zum Jahr 793 »Carolus per fossatum Alhmonem«¹⁴². Dieser aus dem Kloster St. Emmeram in Regensburg stammende Text beruht nach Ansicht der Forschung auf einem älteren karolingerzeitlichen Jahrbuch aus Salzburg (AT), das aus der Regierungszeit Karls des Großen stammen dürfte¹⁴³. Eine sehr ähnliche Formulierung verwenden zum selben Jahr die **Annales Maximiniani**: »Anno 793. Domnus Carolus rex per fossatum Alchmonae fluminis perrexit«¹⁴⁴. Sie greifen auf Einträge der Fränkischen Reichsannalen und einen weiteren verlorenen Text zurück und sind in einer namengebenden Handschrift aus dem Kloster St. Maximin in

¹³³ *Chronicon Anianense/Chronicon Moissiacense*, ed. Kettemann, 33. 485–528 Beilage 2, 64. 66. – Beide Chroniken beruhen auf einer gemeinsamen Vorlage, die sich maßgeblich auf die *Annales Laureshamenses* stützt.

¹³⁴ *Chronicon Anianense/Chronicon Moissiacense*, ed. Kettemann, Beilage 2, 64. Wiedergegeben ist die Textvariante des *Chronicon Moissiacense*.

¹³⁵ www.geschichtsquellen.de/repOpus_00269.html (14.1.2019). – Wattenbach u. a. 1990, 263–264. – Corradini 2006, 211–213.

¹³⁶ Davis 2017, 192.

¹³⁷ *Annales Fuldenses*, ed. Kurze, 12.

¹³⁸ www.geschichtsquellen.de/repOpus_00431.html (15.1.2019). – Davis 2017, 192.

¹³⁹ *Annales Tiliani*, ed. Pertz, 222.

¹⁴⁰ www.geschichtsquellen.de/repOpus_00415.html (15.1.2019). – *Annales Sithienses*, ed. Waitz, 35–38.

¹⁴¹ *Annales Sithienses*, ed. Waitz, 36.

¹⁴² *Annales sancti Emmerammi Ratisponensis maiores*, ed. Pertz, 92.

¹⁴³ www.geschichtsquellen.de/repOpus_00368.html (14.1.2019). – Zur zeitlichen Einordnung Davis 2017, 192.

¹⁴⁴ *Annales Maximiniani*, ed. Waitz, 22.

Trier (Stadt Trier/DE) überliefert, die nach J. Davies ebenfalls vor dem Tod Karls des Großen entstanden sein dürfte¹⁴⁵. Entweder beide Texte beruhen auf der gleichen verlorenen Vorlage, oder sie sind anderweitig voneinander abhängig¹⁴⁶. Unabhängig davon betont A. Hack, dass beiden Texten eine falsche Richtungsangabe zugrunde liegt, was »nicht für eine besondere Glaubwürdigkeit dieser Notizen« spricht¹⁴⁷. Die Behauptung, Karl wäre »durch« oder »über« den Graben in die Altmühl gefahren, kann in der Tat kaum zutreffen, wenn er von Regensburg kommend die Altmühl flussaufwärts befuhr und nach seinem Aufenthalt am Karlsgraben nach Norden weiterreiste, wie alle anderen relevanten Quellen übereinstimmend berichten.

Der Eintrag der *Annales Maximiniani* zum Jahr 793 bildet die Vorlage für den entsprechenden Abschnitt der *Annales Iuvavenses qui dicuntur maximi*, die als Teil einer Weltchronik des Stiftes Admont (Steiermark/AT) aus dem 12. Jahrhundert überliefert sind¹⁴⁸. Der Ursprungstext der *Annales Maximiniani* ist in diesem Salzburger Werk, das nach Jennifer Davies noch in der Regierungszeit Karls des Großen entstanden sein dürfte, um eine Zusatzinformation ergänzt: »*Karolus rex per fossatum Alhmone fluminis perrexit et concessit omnibus ecclesiis res suas*«¹⁴⁹. Der letzte Abschnitt dürfte im Kontext der königlichen Besitzbestätigungen in Bayern nach der Absetzung Tassilos zu lesen sein, die für das Bistum Salzburg von besonderer Relevanz waren¹⁵⁰. Ob der Einschub allerdings bereits in karolingisch-ottonischer Zeit oder erst im 12. Jahrhundert erfolgte, ist unklar¹⁵¹.

Die im früheren 10. Jahrhundert vermutlich in Konstanz (Lkr. Konstanz/DE) entstandenen *Annales Weingartenses* erwähnen zum Jahr 792 den Befehl

zum Bau des Karlsgrabens: »*Karolus rex fossatum iussit facere*«¹⁵². Diese Annalen sind bis 918 eine Kopie der *Annales Alamannici* und liefern keine unabhängige Überlieferung der Ereignisse¹⁵³.

Das *Reginonis chronicon*, die Weltchronik des Regino von Prüm, wurde ebenfalls im frühen 10. fertiggestellt¹⁵⁴. Sie beruht in wesentlichen Teilen auf den *Annales regni Francorum* und »hat daher keinerlei eigenständigen Quellenwert«¹⁵⁵. Zum Jahr 793 heißt es darin in gegenüber den Fränkischen Reichsannalen lediglich sprachlich leicht veränderter Form:

*Anno dominicae incarnationis DCCXCIII. Carolus de Reganasburgh proficiscens ad fossatum magnum inter fluvios Alcmonia et Radenza venit, ibique summi pontificis missi cum magnis muneribus in presentiam eius venerunt; ibi etiam nuntiatum est ei, Saxones iterum more solito fidem et promissa violasse. Inde navigio per Radenza Mohin ingressus natalem Domini celebravit in Wirzaburgh.*¹⁵⁶

Die Weltchronik Reginos von Prüm bildet gleichzeitig den Schlusspunkt der jüngeren karolingerzeitlichen Annalistik. Erst ab dem späteren 10. Jahrhundert verdichten sich die Belege für eine neue Schreibtradition umfassender chronikalischer Werke erneut¹⁵⁷.

Andere historiografische Quellen der Karolingerzeit

Eine Schilderung des Karlsgrabenbaus findet sich zum Jahr 793 auch in den *Annales de gestis Caroli Magni imperatoris* aus der Feder des Poeta Saxo. Die 888–891 entstandenen Verse sind im relevanten

¹⁴⁵ www.geschichtsquellen.de/repOpus_00325.html (14.1.2019). – von Simson 1900, 187–188. – Zur Datierung Davis 2017, 192.

¹⁴⁶ So Hack 2014a, 59.

¹⁴⁷ Hack 2014a, 59.

¹⁴⁸ Vgl. Klebel 1921. – www.geschichtsquellen.de/repOpus_00301.html?mss=Salzburg (15.1.2019). – Vgl. auch Deutinger 2002, 45.

¹⁴⁹ *Annales Iuvavenses qui dicuntur maximi*, ed. Bresslau, 736. – Klebel 1921, 35. – Zur Datierung Davis 2017, 192.

¹⁵⁰ Vgl. Wanderwitz 1983, 52 und besonders Anm. 100. – Dazu allgemein auch Davis 2017, 71.

¹⁵¹ Vgl. dazu allgemein Deutinger 2002, 18. 45.

¹⁵² *Annales Weingartenses*, ed. Pertz, 65. – Davis 2017, 192 hält dagegen eine Entstehung einiger Teile bereits in der Regierungszeit Karls des Großen für wahrscheinlich.

¹⁵³ Vgl. www.geschichtsquellen.de/repOpus_00447.html (14.1.2019).

¹⁵⁴ www.geschichtsquellen.de/repOpus_04024.html (14.1.2019).

¹⁵⁵ So Hack 2014a, 56.

¹⁵⁶ Regino, *Chronicon*, ed. Kurze, 58.

¹⁵⁷ Vgl. Deutinger 2016, 79–80.

Teil eine poetische Umgestaltung der *Annales qui dicuntur Einhardi* und haben trotz diverser Ausschmückungen keinen eigenständigen Quellenwert¹⁵⁸.

In Einhards *Vita Caroli* fehlt dagegen ein direkter Verweis auf den Karlsgraben¹⁵⁹. Zwei Textstellen lassen jedoch zumindest indirekt einen Bezug zu diesem Bauvorhaben erahnen. In seiner Schilderung der Awarenkriege führt Einhard aus, dass Karl diesen nicht nur »mit mehr Eifer als die anderen«, sondern auch »mit weit größeren Zurüstungen« führte: »*Quod ille et animosius quam cetera et longe maiori apparatu administravit*«¹⁶⁰. Was genau unter *apparatus* zu verstehen ist, bleibt im Unklaren. Im militärischen Kontext kann der Begriff als Zurüstung, aber auch als Einrichtung, Bewaffnung oder Gerät gelesen werden¹⁶¹. Die besondere Hervorhebung lässt vermuten, dass der *apparatus* auch aus Sicht der Zeitgenossen ungewöhnlich aufwendig war und sich Besonderes dahinter verbirgt. Neben dem in unterschiedlichen Quellen genannten Bau einer mobilen Schiffsbrücke für den Einsatz auf der Donau zum Jahr 792 ist dabei durchaus auch an den Bau des Karlsgrabens zu denken, falls dieser in einem direkten Zusammenhang mit den Kriegsvorbereitungen stand, was noch näher zu diskutieren sein wird¹⁶².

Die zweite relevante Textstelle betrifft die Schilderung der Bauleistungen Karls des Großen (und indirekt möglicherweise auch Einhards)¹⁶³. Nach Einhard errichtete der König »an verschiedenen Orten sehr viele Bauten zum Schmuck und Nutzen des Reichs und vollendete auch manche«¹⁶⁴. Als »die vorzüglichsten unter ihnen« nennt er die Marienkirche in Aachen (Stadt Aachen/DE), die Rheinbrücke in Mainz sowie die Paläste in Ingelheim (Lkr. Mainz-

Bingen/DE) und Nijmegen (Prov. Gelderland/NL)¹⁶⁵. Bemerkenswert ist dabei der implizite Verweis auf Bauten, die durch Karl nicht fertiggestellt wurden. Ob Einhard dabei jedoch Bauvorhaben im Blick hatte, die bei Karls Ableben noch nicht abgeschlossen waren oder auch den Karlsgraben, muss offenbleiben.

Hoch- und spätmittelalterliche bis frühneuzeitliche schriftliche Überlieferung

In die frühen Weltchroniken des späteren 10. und 11. Jahrhunderts findet der Bau des Karlsgrabens nach einer ersten Sichtung kaum Eingang¹⁶⁶. Einen der seltenen Belege aus ottonischer Zeit liefern die *Annales Heremi* aus dem Kloster Einsiedeln in Alemannien (Kt. Schwyz/CH)¹⁶⁷. In der Handschrift cod. 356 bzw. der Überlieferung AH2, die nach C. von Planta »zu Beginn der 990er Jahre« kompiliert wurde, heißt es zum Jahr 792: »*Karolo Saxones et Frisones mentiti sunt et Pipino tonsa coma et quidam de Francis occisi et suspensi propter consilium, quod fecerunt super Karolum, et fossatum iussit facere*«¹⁶⁸. Dieser Text ist wörtlich aus den *Annales Alamannici* übernommen¹⁶⁹.

Vor 1103 entstand das *Chronicon universale*, das von Frutolf von Michelsberg (Bamberg, Lkr. Bamberg/DE) verfasst und später durch seinen Schüler Ekkehard von Aura fortgeführt wurde¹⁷⁰. Diese Weltgeschichte, für die die Autoren auf unterschiedlichste Quellen zurückgriffen, war im Hochmittelalter sehr wirkmächtig und weitverbreitet. Zum Jahr 792 findet sich ein langer Eintrag, in dem Passagen aus den *Annales qui dicuntur Einhardi* zu den Jahren

¹⁵⁸ Poeta Saxo, *Annales*, ed. Winterfeld, 34–35. – www.geschichtsquellen.de/repOpus_03931.html (14.1.2019).

¹⁵⁹ Vgl. Einhard, *Vita Caroli*, ed. Rau.

¹⁶⁰ Einhard, *Vita Caroli*, ed. Rau, 180–181.

¹⁶¹ Vgl. Baier 2013 (1913), 389. – Niermeyer/van de Kieft 2002, 67.

¹⁶² Vgl. exemplarisch *Annales regni Francorum*, ed. Kurze, 92 zum Jahr 792.

¹⁶³ Zu den Leistungen Einhards als Baumeister knapp Weinfurter 2013, 22.

¹⁶⁴ Vgl. Einhard, *Vita Caroli*, ed. Rau, 186–187: »*opera tamen plurima ad regni decorem et commoditatem pertinentia diversis in locis inchoavit, quaedam etiam consummavit*«.

¹⁶⁵ Einhard, *Vita Caroli*, ed. Rau, 186–187.

¹⁶⁶ Vgl. exemplarisch: Die Annalen Lamperts von Hersfeld aus den 1070er-Jahren, Lampert von Hersfeld, *Annalen*, ed. Holder-Egger, 18 sowie das *Chronicon de sex aetatibus mundi* Hermanns von Reichenau aus den Jahren 1030–1054, Hermann von Reichenau, *Chronicon*, ed. Pertz, 100. Zu den jeweiligen Datierungen www.geschichtsquellen.de/index.html (15.1.2019). – In diesem Sinne auch Beck 1911, 5–6. 30.

¹⁶⁷ Vgl. www.geschichtsquellen.de/repOpus_00291.html (15.1.2019). – *Annales Heremi*, ed. Planta.

¹⁶⁸ *Annales Heremi*, ed. Planta, 244.

¹⁶⁹ Vgl. *Annales Alamannici*, ed. Lendi, 166. – *Annales Heremi*, ed. Planta, 59–64.

¹⁷⁰ Vgl. www.geschichtsquellen.de/repOpus_02346.html?pers_PND=PND118693905 (15.1.2019). – Deutinger 2016, 86–87.

792 und 793 vermischt sind¹⁷¹. Darin eingeflossen ist auch der Abschnitt zum Bau des Karlsgrabens, der in wesentlichen Teilen wörtlich übernommen ist.

In einer ergänzten Fassung des *Chronicon*, dem **Auctarium Ekkehardi Althahense**, das sich teilweise auf verlorene ältere Annalen aus dem Kloster Niederraltaich stützt und bis 1125 reicht, ist zum Jahr 792 ebenfalls ein Eintrag zum Kanalbau verzeichnet¹⁷². Der Text unterscheidet sich jedoch deutlich vom *Chronicon* und stellt keine bloße Kopie einer älteren Vorlage dar: »Vallis Karoli Magni, quam intendebat facere de flumine Alamona usque in Moenum flumen, inchoavit apud villam que dicitur Pubnhaim, et sic ad villam que dicitur Graben, et sic versus Weizenburch«¹⁷³. Der Kanal wird hier erstmals mit dem Begriff *vallis* versehen, das üblicherweise als Tal/Damm/Wall zu übersetzen ist¹⁷⁴. Es läge nahe, darin eine Bezugnahme auf die obertägig erhaltenen Reste zu sehen – möglicherweise durch eigenen Augenschein. Gestützt wird diese These dadurch, dass in diesem Text erstmals eine präzise Verortung des Kanals vorgenommen wird, die über die Nennung von Flüssen hinausgeht: Das Bauwerk lag demnach bei dem Ort Bubenheim (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE) und führt vom Ort Graben *versus* Weißenburg (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE)¹⁷⁵. Diese präzise geografische Information lässt eigentlich nur den Schluss zu, dass der Autor oder ein ihm bekannter Informant Ortskenntnis besaß.

Das bis 1322 reichende sogenannte **Auctarium Codicis Monacensis** bzw. *Annalium Salisburgensium Additamentum* fand im 15. Jahrhundert Eingang in eine Münchener Handschrift¹⁷⁶. Nach W. Wattenbach beruht das Werk im Kern auf einer bereits im 12. Jahrhundert ausgeschmückten und ergänzten frühmittelalterlichen Vorlage aus Salzburg, die »nach Vermutung und gelehrter Berechnung« kom-

piliert wurde¹⁷⁷. Zum Jahr 793 hat der Chronist einen besonders ausführlichen und fantasiereichen Eintrag verfasst¹⁷⁸:

*Horribile portentum in Francia visum est. Immensi aggeres de omni genere granorum atque frumenti inventi sunt cumulati. Unde si aliquod iumentum gustasset, moriebatur. Farina inde facta sub manibus disparuit. Eodem anno ingens opus iussu Karoli inutiliter fiebat a Wavarorum et Francorum et Swevorum multitudine, volentes flumen Ratensa et Alchmona dirivare per fossata in Danubium, ut navigio hac et illac posset transiri. Set nec prudentia nec consilium est contra Dominum. Postmodum circa easdem fossas per singulas noctes audite sunt voces mugientium, set et ludencium et garriencium confusi strepitus.*¹⁷⁹

Der erste Teil des Textes widmet sich der schweren Hungersnot des Jahres 793. Danach folgt die Beschreibung des Kanalbaus. Hervorzuheben sind dabei zwei Ergänzungen des Autors, die in älteren Quellen keine Erwähnung finden. Zum einen weiß er zu berichten, dass Awaren, Franken und Schwaben in großer Zahl am Bau beteiligt waren – nach F. Beck »frei erfunden«¹⁸⁰. Zum anderen begründet er das Scheitern explizit damit, dass der Bau gegen Gottes Willen verstoßen hätte. Um den übersinnlichen Charakter und göttlichen Eingriff zu untermauern, schildert der Autor geheimnisvolle nächtliche Stimmen und Laute im Umfeld des Grabens¹⁸¹.

Im späteren 13. Jahrhundert fand der Bau des Karlsgrabens Eingang in die **Gründungslegende des Klosters Wülzburg** (Lkr. Weißenburg – Gunzenhausen/DE) aus der Feder eines Mönches Chuno, die in einem nur noch teilweise erhaltenen Salbuch aus dem Jahr 1545 überliefert ist¹⁸². Der Schilderung der legendenhaften Gründung einer Kapelle durch

¹⁷¹ Frutolf, *Chronicon universale*, ed. Waitz, 168. – Zum Jahr 793 werden dann Ereignisse wie der Tod von Fastrada in Frankfurt geschildert, die sich tatsächlich erst im Jahr 794 zutragen.

¹⁷² www.geschichtsquellen.de/repOpus_00552.html (14.1.2019). – Vgl. auch Deutinger 2016, 86–93. – Beck 1911, 5.

¹⁷³ *Auctarium Ekkehardi Althahense*, ed. Jaffe, 362.

¹⁷⁴ Vgl. Baier 2013 (1913), 4927. – Dazu auch Berg-Hobohm 2014a, 1.

¹⁷⁵ Vgl. Beck 1911, 5.

¹⁷⁶ *Auctarium Codicis Monacensis*, ed. Wattenbach, 236–241. – Zur Überlieferung Klebel 1928, 53–55. – Klebel 1921, 44 Anm. 46.

¹⁷⁷ Wattenbach 1904, 166. – Aufgegriffen in Beck 1911, 6.

¹⁷⁸ Klebel 1921, 44 Anm. 46 bezeichnet den Eintrag als »rhetorische Ausarbeitung einer knappen Notiz«.

¹⁷⁹ *Annalium Salisburgensium Additamentum*, 237. – Vgl. dazu auch Beck 1911, 6.

¹⁸⁰ Beck 1911, 32.

¹⁸¹ Vgl. zu diesem Motiv auch Beck 1911, 8. 31. – Vgl. auch Töpner 1993, 18.

¹⁸² Dazu Zwanzig 2010, 234. – Leidel 1983, 4–8. – Beck 1911, 6–7. – Korte 1869.

König Pippin im Jahr 764 folgt der Bericht über die Klostergründung durch Karl den Großen, die vom Autor »nicht ungeschickt« mit dem Bau des nahe gelegenen Karlsgrabens in Verbindung gebracht wird¹⁸³. Tatsächlich erfolgte die Klostergründung erst im 11. Jahrhundert¹⁸⁴. Die Details zum Kanalbau sind wörtlich aus den *Annales qui dicuntur Einhardi* entlehnt, jedoch auf das Jahr 792 datiert¹⁸⁵:

*Iss Ime von ettlichen geratten, man möge woll von der Donauen In Rein schiffen, so zwischen der Rednitz und der Altmühl ein Grab der Schiffe begreifen möge, gefurt, und, also dass sich der Rein mit der Donawe, der ander mit dem Rein sich vermengte. Alsbaldt der König mit allen seinen verwanten an das Ort, dem Werk gelegen (jez Graben genannt), kamen, und eine grosse Meng Volkes denn ganzen Herbst mit dem Werkh zubracht aber vergebens, Wann von wegen stetter Fluss und des Erderichs Welche von Natur sumpfig, das gethan Werekh nit bessern moegen, dann Je mehr Erdrichs die Graber am Tag auswarfen, Sovil des Nachts wider einfiel, die Statt erfüllend. In dess der Got erendt, König Karell auff göttlichen Anregen bewegt, die Stiftung seines Vaters auff dem Berg gethan, Heimbsuchte, auss göttlicher Lieb entbrant, hat angefangen, bei der Kapelle Sanct Nicolauss ein herrlich Kloster zu bauen [...]*¹⁸⁶.

Erst ab dem frühen 16. Jahrhundert ist eine deutlich intensivierte Rezeption des Kanalbaus zu verzeichnen, die von F. Beck in hinreichender Breite beleuchtet wird¹⁸⁷. Diese jüngere Überlieferung kompiliert je nach Verfügbarkeit verschiedene ältere Texte und ergänzt diese um meist frei erfundene Details¹⁸⁸. Als typische Vertreter des 16. Jahrhunderts sollen exemplarisch die Bayerische Chronik des **Johannes Aventinus**, die Würzburger Bischofschronik des **Lorenz Fries** und die »Chronik des Karolo Magno« aus der

Feder von **Erpold Lindenbruch** genügen¹⁸⁹. Letzterer gibt nach F. Beck die Zahl der Arbeiter mit 30000 an, auch in verschiedenen anderen Werken dieser Zeit finden sich fantasievolle Zahlenangaben¹⁹⁰. Ab dieser Zeit mehrten sich konkrete Verweise auf die erhaltenen Überreste, topografische Beschreibungen und allgemeinere Diskussionsbeiträge, die es gerechtfertigt erscheinen lassen, hier die Grenze zur jüngeren Forschungs- und Rezeptionsgeschichte zu ziehen, die in einem eigenen Kapitel abgehandelt wird¹⁹¹. Zunächst gilt es jedoch, die frühen Bildquellen vorzustellen.

Frühe bildliche Zeugnisse

Zeitgleich mit der intensivierten Rezeption des Kanalbaus in Texten des 16. Jahrhunderts entstanden erste bildliche Darstellungen – oder zumindest haben sich aus dieser Phase die ältesten Belege erhalten. Neben einer größeren Zahl von Altkarten sind dabei auch Miniaturen, Stiche und – deutlich später – frühe Fotografien zu nennen.

Altkarten des 16. bis 19. Jahrhunderts

Altkarten geben neben den Schriftquellen Zeugnis von jüngeren Veränderungen und Zuständen des Karlsgrabens und der Kulturlandschaft in seinem näheren Umfeld. Sie haben darüber hinaus auch die modernen Vorstellungen des frühmittelalterlichen Kanals geprägt¹⁹². Der Forschungsstand zu dieser Quellengruppe wurde – wie für die Schriftquellen – erstmals durch F. Beck zusammengefasst¹⁹³. Ergänzungen erfolgten im Zuge der Forschungen der 1970er bis frühen 1990er-Jahre¹⁹⁴. Um den Quellenbestand zu verdichten und bislang unbekannte Karten zu berücksichtigen, erfolgte durch den

¹⁸³ Leidel 1983, 6.

¹⁸⁴ Zwanzig 2010, 157. – Leidel 1983, 3–27.

¹⁸⁵ Leidel 1983, 7. – Beck 1911, 6–7.

¹⁸⁶ Nach Korte 1869, 4. – Beck 1911, 6–7.

¹⁸⁷ Vgl. Beck 1911, 7–12. – Dazu auch Berg-Hobohm 2014a. – Töpner 1993, 18.

¹⁸⁸ Dazu Beck 1911, 7–12.

¹⁸⁹ Vgl. Aventinus, Bairische Chronik, 123. – Fries, Chronik ed. Universitätsbibliothek Würzburg. – Beck 1911, 9. – Töpner 1993, 18 verweist außer-

dem auf eine sehr frühe Nennung in den 1502 erschienenen *Quatuor libri amorum* von Conrad Celtis. Der Originaltext konnte zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit noch nicht eingesehen werden.

¹⁹⁰ Vgl. Beck 1911, 9–12.

¹⁹¹ Beck 1911, 10–12.

¹⁹² Vgl. Koch 1993a, 7–8. – Röder 1975, 282; 1977, 128.

¹⁹³ Beck 1911, 34–42.

¹⁹⁴ Vgl. Koch 1993a, 7–11. – Töpner 1993, 17. – Willax 1977.

Verfasser eine gezielte Recherche mit Sichtung von Originalen im Stadtarchiv Weißenburg, im Staatsarchiv Nürnberg und im Bayerischen Hauptstaatsarchiv München¹⁹⁵. Zusätzlich wurden einschlägige Online-Datenbanken und Kartenportale genutzt¹⁹⁶. Dadurch gelang es, den bislang bekannten Quellenbestand erheblich zu erweitern und bereits bekannte Altkarten einer genaueren Analyse zu unterziehen.

Die meisten Altkarten des 16. bis 18. Jahrhunderts mit Darstellungen des Karlsgrabens oder des Karlsgrabenumfeldes sind handgezeichnete Einzelstücke. Einige der frühesten Beispiele sind Augenscheinkarten, die räumliche Sachverhalte in Gerichtsprozessen dokumentierten¹⁹⁷. Sie wurden von sogenannten Kontrafektoren bzw. Landschaftsmalern gezeichnet und nicht wie später üblich von Feldmessern bzw. Kartografen hergestellt¹⁹⁸. Diese Karten wurden aus einem konkreten Anlass und für einen spezifischen Auftraggeber mit einer individuellen Intention gezeichnet. Dargestellt sind nur die für den Sachverhalt wichtigen Elemente, alles andere fehlt oder ist mit künstlerischer Freiheit wiedergegeben. Mit der Entlehnung einzelner Motive aus anderen Kartenwerken und damit auch mit einer Abhängigkeit der Kanaldarstellungen untereinander ist in hohem Maße zu rechnen. Bis zum 18. Jahrhundert sind die hier behandelten Karten in der Regel nicht maßstabsgerecht und eine Georeferenzierung im GIS ist nur eingeschränkt möglich und sinnvoll. Zu berücksichtigen ist außerdem, dass nicht immer ein Ist-Zustand dargestellt wurde. Dies gilt in besonderem Maße für die ab dem frühen 18. Jahrhundert vermehrt auftretenden Stiche und Schnitte, die vor allem als Kartenbeilagen in historischen Abhandlungen weite Verbreitung fanden¹⁹⁹. Erst ab dieser Zeit liegen dann vermehrt detailgetreue und stan-

dardisierte Katasterkarten vor, die auf modernen Vermessungsgrundlagen beruhen²⁰⁰.

Nach diesen einführenden Bemerkungen zur Quellengruppe sollen im Folgenden wichtige Beispiele in chronologischer Reihenfolge vorgestellt werden²⁰¹. Die ältesten kartografischen Darstellungen des Karlsgrabens und des direkten Kanalumfeldes finden sich in handgezeichneten Karten der 1570er und 1580er-Jahre²⁰². Dass frühere Belege fehlen, liegt vor allem darin begründet, dass aus der Zeit vor dem mittleren 16. Jahrhundert in Mittelfranken generell nur sehr wenige großmaßstäbige Karten vorliegen²⁰³.

Eine der frühesten Darstellungen des Karlsgrabens stammt von einer handgezeichneten Karte der Herrschaft Pappenheim aus der Zeit um 1570 (**Taf. 11, 1**)²⁰⁴. Der Kanal ist darin vom Ortsrand Grabens (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE) aus mit einem bogenförmigen Verlauf in Richtung Dettenheim (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE) dargestellt und beidseitig von Baumreihen begrenzt. Nur am oberen (nordöstlichen) Ende ist durch eine blaue Signatur eine Wasserführung angedeutet. Mit dieser Wasserfläche endet der Kanal an der Straße von Dettenheim nach Grönhart (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE), im links (nördlich) anschließenden Rezatried sind keinerlei Hinweise auf eine Fortsetzung zu finden. Der Rezatlauf ist innerhalb der Wiesenfläche kaum erkennbar.

Etwa zeitgleich datiert eine handgezeichnete Karte des Weißenburger Waldes, die nach R. Kammerl nach der Mitte des 16. Jahrhunderts und sicher vor 1588 anlässlich von Streitigkeiten zwischen Weißenburg, Pappenheim und Eichstätt (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen und Lkr. Eichstätt/DE) um die Kaldorfer Forstthut erstellt wurde und bis Ende des

195 Die im Folgenden zu den einzelnen Archivalien gehörigen Detailinformationen wie Datierung, Autor etc. stammen, falls nicht anders angegeben, aus dem zur jeweiligen Karte gehörigen Katalogeintrag des jeweiligen Archives.

196 Der Hauptzugang erfolgte dabei über www.bayerische-landesbibliothek-online.de/histkarten (21.1.2019).

197 Vgl. Horst 2009, 1-35; 2008, 351-353.

198 Vgl. Horst 2009, 17.

199 Vgl. etwa Haas 1726. – von Eckart 1729. – Döderlein 1731.

200 Vgl. dazu die Ausführungen in Werther 2022. – Vgl. außerdem allgemein Horst 2008. – Wolff 1987. – Schenk 2012, 20.

201 Eine Vollständigkeit wird dabei nicht angestrebt. Weitere hier nicht vorgestellte Belege finden sich u. a. in Beck 1911, 34-42.

202 Zur Quellengruppe der Manuskript- und Augenscheinkarten allgemein Horst 2009.

203 Vgl. Fleischmann 1998. – Horst 2009, 28-43.

204 Archiv der Gräflin Pappenheim'schen Verwaltung. Fotografie zur Verfügung gestellt von Désirée Gräfin v. u. zu Egloffstein, Original nicht auffindbar. – Vgl. Koch 1993a, 7 Abb. 4. Dort wurde diese Karte erstmals in die Karlsgrabenforschung eingeführt.

16. Jahrhunderts mehrfach Ergänzungen erfuhr (**Taf. 11, 2**)²⁰⁵. Vergleichbare Augenscheinkarten sind eine typische Erscheinung des 16. und 17. Jahrhunderts. Sie wurden besonders häufig im Zuge von Grenzstreitigkeiten angefertigt²⁰⁶. Die von einem unbekannten Maler auf Papier gezeichnete Kartenskizze mit dem Titel »Abcontraseth des Weyssenburger Waldts« war in der Karlsgrabenforschung bislang unbekannt. Der Kanal ist am linken (=westlichen) Rand der Karte als Weiher dargestellt, der zum Ort Graben geradlinig begrenzt ist und in Richtung Dettenheim spitz zuläuft. Die scharfe Begrenzung im Westen durch eine mutmaßliche Staueinrichtung und der Abfluss in Richtung Altmühl entsprechen bereits weitgehend dem heutigen Erscheinungsbild. Eine Linie zwischen dem Scheitelpunkt des Weihers und der Rezat ist als Wasserzulauf zu interpretieren. Entspricht dies der Realität, so floss zu diesem Zeitpunkt das von Dettenheim kommende Wasser der Rezat an einer Bifurkation sowohl nach Süden zur Altmühl als auch nach Norden in Richtung Weißenburg/Ellingen ab. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Karlsgraben kein Kerngegenstand der Karte ist und abseits des eigentlichen räumlichen und thematischen Fokus liegt. Er dürfte daher eher als ergänzendes, allgemein bekanntes Landschaftselement zu interpretieren sein. Dennoch ist die Darstellung sehr glaubwürdig und deckt sich mit späteren Quellen.

Um 1580 entstand eine weitere, wesentlich detailliertere und sehr naturalistische handgezeichnete Karte der Reichsstadt Weißenburg mit dem zugehörigen Stadtwald (**Taf. 11, 3**)²⁰⁷. Das geostete Blatt, dessen Entstehungsumstände unbekannt sind, zeigt am rechten unteren Bildrand Dettenheim, den Markhof (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE) und das westlich anschließende Rezatried. Der Lauf der

Rezat ist bis Seewiesen stark mäandrierend wiedergegeben. Die Wiesenfläche beiderseits des Baches ist durch Zäune begrenzt und nur an wenigen Stellen mit Wegedurchlässen zugänglich. Markant ist außerdem die grün-blau eingefärbte Fläche entlang der Straße von Dettenheim nach Grönhart und Graben. Zwar ist dort der Rezatlauf nicht eindeutig verzeichnet, doch dürfte das Areal analog zu anderen gleichartig kolorierten Bereichen in Richtung Weißenburg am ehesten als Feuchtwiese anzusprechen sein. Zum Abschluss ist ein Negativbefund zu konstatieren: Auf Relikte des Karlsgrabens hinweisende Signaturen und Einträge sind auf der Karte nicht zu finden. Dies muss betont werden, denn bis auf Höhe des Markhofes sind entsprechende Reste parallel zur Rezat archäologisch nachgewiesen. Entweder war dort also die Kanalrinne im ausgehenden 16. Jahrhundert schon so stark verfüllt, dass sie kein markantes Geländemerkmal mehr dargestellt hat – oder dieser Ausschnitt der Karte war so randlich, dass Reste des Kanals nicht eingetragen wurden. Eine dritte Option wäre, dass die Kanalreste ganz allgemein keine Relevanz für die Karte hatten.

Einen detaillierten Einblick in das Erscheinungsbild des nördlichen Randbereiches des Rezatriedes mit Zäunen und verschließbaren Durchlässen liefert eine handgezeichnete Karte des Markhofes aus dem Jahr 1607 (**Taf. 12, 1**)²⁰⁸. Die anlässlich einer Streitsache zwischen dem Hochstift Eichstätt und den Reichserbmarschällen von Pappenheim erstellte und geostete Augenscheinkarte deckt zwar nicht den Trassenverlauf des Karlsgrabens ab, enthält aber wertvolle konstruktive Hinweise zur Abgrenzung zwischen Wiesen- und Ackerflächen, die Analogien zu archäologischen Befunden erlauben.

Aus dem gesamten weiteren Verlauf des 17. Jahrhunderts liegen bislang keine Karten mit Darstel-

205 StadtA Wßbg. PIS 95, entnommen aus StadtA Wßbg. Akt A 1042. – Fertiger unbekannt, 2. Hälfte 16. Jh. – Datierung nach freundlicher Auskunft des Stadtarchivars R. Kammerl im April 2019 auf Grundlage der zugehörigen Akten, der Schriftähnlichkeiten und der Darstellung der Wülzburg als Kloster, das 1588 aufgelöst wurde. Zur Datierung R. Kammerl (Mailkorrespondenz 10.4.2019): »Die Karte ist mehrfach bearbeitet und ergänzt worden. Im Akt (StadtA Wßbg. A 1042) konzentrieren sich die Streitfälle auf jene zwischen Pappenheim und Weißenburg (1554–1558) einerseits, sowie dann nach dem Vergleich 1558 zwischen beiden gemeinsam gegen den Bischof von Eichstätt (1572, 1580, 1596). Für alle diese Vorgänge wurde

die Skizze verwendet und durch Nachträge angepasst. Ich würde die Entstehungszeit vorsichtig auf »nach der Mitte des 16. Jh., mit Ergänzungen bis Ende des 16. Jh.« angeben«.

206 Vgl. Horst 2009, 25.

207 StAN Fst. Brandenburg-Ansbach, Karten und Pläne Nr. 550. – Urheber unsicher, um 1580. – Vgl. Fleischmann 1998, 88 Nr. 49. Als mögliche Urheber führt er Christoph Vogel und Matthäus Stang an.

208 BayHStA München, Plansammlung Nr. 10704. – Urheber unbekannt 1607.

lungen des Karlsgrabens vor – was sicher auf den generellen Rückgang der regionalen Kartenproduktion im Umfeld und vor allem im Nachgang des 30-jährigen Krieges zurückzuführen ist²⁰⁹. Im frühen 18. Jahrhundert blüht die Kartografie im Arbeitsgebiet dann jedoch auf und vor allem im Fürstentum Brandenburg-Ansbach wird »nachgeholt, worüber manch andere Territorien schon mehr als hundert Jahre früher verfügten«²¹⁰.

Den Anfang der intensiven Kartenproduktion des 18. Jahrhunderts bildet eine handgezeichnete Karte der kaiserlichen Linien bei Pappenheim, die zwischen 1703 und 1706 datiert und eine hohe geometrische Genauigkeit aufweist (**Taf. 12, 2**)²¹¹. Das gesüdete Blatt entstand im Zuge der Auseinandersetzungen zwischen kaiserlichen und französischen Truppen im Spanischen Erbfolgekrieg und gelangte nach F. Willaz als Teil der Plansammlung des Markgrafen und Generalfeldmarschalls Ludwig Wilhelm von Baden in die Bestände des Generallandesarchives Karlsruhe²¹². Kerngegenstand der militärischen Karte sind die Schanzen und Grabenwerke, die als »Weißburger Linie« ab März 1703 gegen die in Pappenheim, Mörsheim und Treuchtlingen (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen und Lkr. Eichstätt/DE) stationierten französischen Truppen errichtet wurden²¹³. Der östliche Teil der Linie reicht vom Fuß des Albanstieges unweit des Stadelhofes vorbei am Markhof bis zum Rand des Rezatriedes, das die Signatur »Morast« trägt. Den Abschluss bildet ein Grabenstück mit Redoute unmittelbar westlich des Talgrundes. Im Mittelteil wird auf natürliche Annäherungshindernisse zurückgegriffen, gebildet durch den genannten »Morast« und die wassergefüllten Weiher des Karlsgrabens. Nach F. Willaz dürfte das Ried zu dieser Zeit demnach sehr feucht und kaum passierbar gewesen sein. Westlich davon erstreckt sich zwischen Nasswiesen und Bubenheim (beide Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE) wiederum eine Schanzlinie aus Gräben und Redouten. Vorgelegt finden sich einige weitere Schanzen an strate-

gisch wichtigen Stellen und vor allem an Wegen. Der Karlsgraben ist als gebogene, vierteilige Weiherkette dargestellt, die sich vom Ort Graben bis zur Kreuzung des von Dettenheim kommenden Weges in Richtung Grönhart bzw. Graben erstreckt. Das längste Weihersegment schließt direkt an Graben an, die drei Weiher weiter östlich sind deutlich kleiner dargestellt. Während in den älteren Karten des 16. Jahrhunderts jeweils nur ein Weiher dargestellt ist, findet sich hier erstmals die Darstellung als Weiherkette. Vorausgesetzt es sind jeweils reale Zustände dargestellt, muss zwischen dem letzten Viertel des 16. Jahrhunderts und dem Jahr 1703/1704 eine erhebliche Umgestaltung von Teilen des Kanals erfolgt sein. Unabhängig davon ist festzuhalten, dass auf der Karte keine Zu- und Abläufe verzeichnet sind, dafür jedoch die Rezat mit ihren Quellen oberhalb von Dettenheim und einem stark mäandrierenden Lauf innerhalb des Riedes. Wie bei der bereits vorgestellten Karte von Weißenburg und dem Weißburger Wald aus der Zeit um 1580 (**Taf. 11, 3**) ist außerdem auch hier ein Negativbefund hervorzuheben: Westlich des Rezatriedes sind keinerlei Spuren des Karlsgrabens kartiert, der Kanal endet mit dem östlichsten Weiher an der bereits genannten Straßenkreuzung und entlang des Rezatriedes verläuft nur ein Weg. Dies ist insofern bei dieser Karte besonders aussagekräftig, als ein deutlich erkennbarer Graben für die Befestigungslinie von erheblicher Relevanz gewesen wäre und damit einen potenziellen Kerninhalt darstellt, der nicht einfach ignoriert worden sein dürfte. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die Reste des Kanals in diesem Bereich im frühen 18. Jahrhundert tatsächlich bereits vollständig oder annähernd vollständig verfüllt waren.

Wenige Jahre später erstellte Johann Georg Vetter im Jahr 1712 eine handgezeichnete Karte des brandenburg-ansbachischen Oberamtes Gunzenhausen, die in einer vom Urheber selbst angefertigten Kopie des Jahres 1719 erhalten ist (**Taf. 13, 1**)²¹⁴. Der Vermesser Vetter war 1710 vom Markgrafen mit der to-

²⁰⁹ Vgl. dazu Fleischmann 1998, 14. – Horst 2009, 43.

²¹⁰ So Fleischmann 1998, 15.

²¹¹ Generallandesarchiv Karlsruhe HfK Planbände Nr. 2, 18. – Generallandesarchiv Karlsruhe 1704. – Schäfer/Weber 1971, 77. – Zur Genauigkeit Koch 1993a, 7–8. – Vgl. außerdem Berg-Hobohm 2014b.

²¹² Vgl. Willax 1977, 80.

²¹³ Vgl. Willax 1977, 77–80; 1978. – Werther u. a. 2024.

²¹⁴ StAN Fst. Brandenburg-Ansbach, Karten und Pläne Nr. 215. – Vetter 1712 (Kopie 1719). – Fleischmann 1998, 232–233.

pografischen Landesaufnahme aller ansbachischen Ämter beauftragt worden²¹⁵. Der Karlsgraben ist etwa mittig am unteren Bildrand wiedergegeben, er liegt bereits außerhalb des Amtes Gunzenhausen. Der Kanal ist wiederum als Kette von mehreren Weihern dargestellt. Die einzelnen Weiher sind jeweils nach Süden hin durch Staueinrichtungen begrenzt und laufen nach Norden spitz aus, untereinander sind Durchflüsse angedeutet. Der südlichste Weiher weist zur Altmühl einen Abfluss auf. Ein Zufluss von Norden ist nicht verzeichnet, könnte aber der dort platzierten Beschriftung zum Opfer gefallen sein.

Ebenfalls im Jahr 1719 hat Johann Georg Vetter in seine *Tabula Geographica* eine zweite Variante der Karte des Fürstentums Ansbach integriert, die jedoch als Kupferstich ausgeführt ist (**Taf. 13, 2**)²¹⁶. F. Beck hatte diese Karte seinerzeit als älteste kartografische Wiedergabe des Karlsgrabens angeführt²¹⁷. Wie auf der bereits vorgestellten Erstfassung Veters aus dem Jahr 1712 ist der Karlsgraben als dreiteilige Weiherkette mit Abfluss zur Altmühl dargestellt. Bedingt durch den kleineren Maßstab der Übersichtskarte fehlen jedoch gegenüber dem Vorgänger verschiedene Details²¹⁸. Ein ergänzendes Element ist dafür die zu diesem Zeitpunkt bereits lange aufgegebene Weißenburger Linie aus dem Spanischen Erbfolgekrieg, die den Karlsgraben etwa an seinem Knickpunkt nach Norden kreuzt.

Nach 1715 bzw. um 1720 datiert ein sehr aussagekräftiger Kupferstich von Johann Baptist Homann (**Taf. 13, 3**)²¹⁹. Am linken unteren Rand der Karte ist der Karlsgraben zwischen Altmühl und Rezat sehr detailreich abgebildet, der gesamte Karteninhalt ist jedoch räumlich verzerrt und verschiedene Lagebezüge sind nicht geometrisch korrekt gezeichnet. Der »Canal, Graben genant« schließt direkt an die Dorfstraße des Ortes Graben an und verläuft, teilweise leicht bogenförmig, am Fuß des Eichelberges entlang. Innerhalb der sehr plastisch dargestellten

bewaldeten Aushubwälle ist durch unterschiedliche Signaturen eine Weiherkette wiedergegeben. Der südlichste Weiher schließt direkt an den Ort Graben an, die horizontalen Schraffen dürften die Wasserführung anzeigen. Eine analoge Schraffierung findet sich auch im nordöstlichen Teil des Kanals, die dortige Wasserfläche ist durch zwei senkrecht zum Kanal verlaufende Staueinrichtungen in einen westlichen und einen östlichen Weiher untergliedert. Der Bereich zwischen diesen beiden Weihern und dem südlichsten Weiher ist dagegen mit Vertikalschraffen versehen und läuft nach Süden zungenartig aus. Dies dürfte als Hinweis auf einen trockenen Bereich zu verstehen sein, wie er wenige Jahre später von J. Z. Haas beschrieben wird. Die Fortsetzung des Kanals zwischen dem östlichsten Weiher und der stark mäandrierenden Rezat ist durch gestrichelte Linien angedeutet, die parallel zur Schanzlinie aus dem Spanischen Erbfolgekrieg mit den in der Karte verzeichneten Redouten verläuft. Der Anschluss zur Rezat ist nur indirekt angedeutet, da die Dorfstraße von Graben in der Flucht des Kanals zur Altmühl hin ausläuft.

Eine fast zeitgleiche oder kaum jüngere Karte geht auf den zweiten Hauptprotagonisten der brandenburgisch-ansbachischen Landesvermessung, Johann Georg Hofmann, zurück²²⁰. Als Begleitmaterial zu seinem ab 1716 im Auftrag des Markgrafen erstellten opulenten Waldbuch dient u. a. eine 1722–1726 fertiggestellte handgezeichnete Karte der »Weimersheimer Wildfuhr« (**Taf. 14, 1**)²²¹. Der Karlsgraben und sein blau kolorierter Abfluss zur Altmühl durch den Ort Graben bildet die Ostgrenze der markgräflichen Jagd- und Waldrechte (grüne Linie). Der Kanal ist erneut als Kette von drei Weihern verzeichnet, die jeweils am Süden gestaut sind und nach Norden spitz auslaufen. Nördlich des letzten Weihers ist als Relikt eine Schanze der Weißenburger Linie dargestellt, eine weitere Schanze findet

²¹⁵ Vgl. Fleischmann 1998, 15.

²¹⁶ Vetter 1719. Bayerische Staatsbibliothek Mapp. XI,306.

²¹⁷ Beck 1911, 35. – Vgl. auch Koch 1993a, 7.

²¹⁸ Maßstab etwa 1:140 000. Die Vorgängerversion aus dem Jahr 1712 hat etwa den Maßstab 1:45 000. Vgl. Fleischmann 1998, 233. – BSB-Katalog, <http://opacplus.bsb-muenchen.de/search?documentid=466463> (21.1.2019).

²¹⁹ Homann nach 1715/um 1720. – http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00052060/image_1 (23.1.2019). – Vgl. auch Beck 1911, 32–33. 35.

²²⁰ Zu Hofmann Fleischmann 1998, 15.

²²¹ StAN Fst. Brandenburg-Ansbach Generalrepertorium, Akten Nr. 326a2. – Hofmann 1722–1726. – Vgl. Fleischmann 1998, 274 Nr. 325/3.

sich südlich des Markhofes. Im Rezatried markiert eine rote Linie einen strittigen Grenzbereich. Der Rezatlauf selbst ist ab der Höhe Naßwiesen schwach mäandrierend kartiert, verschwindet allerdings weiter südlich weitgehend unter der grünen Grenzlinie.

Fast zeitgleich mit der Karte Hofmanns hat Johann Veit Biber im Jahr 1726 eine Flurkarte der Feldmarkung der Reichsstadt Weißenburg gezeichnet (**Taf. 14, 2**)²²². Die Karte im Maßstab von ca. 1:5000 ragt in Präzision und Detailgrad heraus. Da die Grenze der Feldmarkung jedoch nördlich des Markhofes verläuft, sind die Karteninhalte weiter südlich nur noch schematisch eingetragen und der Karlsgraben liegt außerhalb des Blattes. Gleichwohl liefert die Karte einen genauen Einblick in das Erscheinungsbild des Rezatriedes zwischen Markhof und Weißenburg. Die Wiesenfläche des Riedes ist im Osten und Westen durch Zäune begrenzt. Die Rezat mäandriert stark und wird an einigen Stellen von Stegen gequert. Einer dieser Stege gehört zu einem von der östlichen Talseite kommenden Weg, der ab Höhe Markhof parallel zum westlichen Riedrand am Rehhölzlein vorbei »nach Graben« verläuft.

Aus demselben Jahr stammt die erste Karte, in deren Zentrum ganz dezidiert der Karlsgraben steht (**Taf. 15, 1**). Der Stich *Conspectus Geogr. Fossae Carolinae pro conjunctione Danubii et Rheni* diente als Beilage der 1726 erschienen Abhandlung *De Danubii et Rheni Coniunctione a Carolo Magno Tentata* von Georg Zacharias Haas²²³. Der Kanal ist mit einem leicht gebogenen Verlauf dargestellt und mit diversen Buchstabensignaturen versehen, die in einer »*Explicatio Tab. Geogr.*« aufgelöst werden²²⁴. Einige der Signaturen gehören außerdem zu Lokalitäten im weiteren Umfeld, das auf der Karte generell nur sehr schematisch und stark verzerrt dargestellt ist. Die geringe Präzision ist u. a. am Lagebezug zwischen dem Kanal, den Schanzen und den Ortssignaturen erkennbar; auch der Knick der Kanaltrasse in Richtung Dettenheim ist nur angedeutet und nicht

naturalistisch dargestellt²²⁵. Die Binnengliederung der Kanaltrasse in trockene und wassergefüllte Abschnitte erinnert stark an die wohl etwas ältere Karte von Johann Baptist Homann (s. o.). In die Karte integriert hat Haas ergänzende Illustrationen eines Schiffshebewerkes und einer Schleuse. Die wichtigen Buchstabensignaturen entlang des Kanals sollen aufgrund der Bedeutung der Quelle im Folgenden im Originaltext wiedergegeben und sinngemäß übersetzt werden:

»**AC** *Longitudo fossae (vid. § 7) quae pluuiosorum annorum tempore aquis tota propemodum superfundi solet.*«: Gesamtlänge des Grabens, der in regnerischen Jahren fast ganz unter Wasser zu stehen pflegt.

»**AB** *Spatium aquis et piscibus perpetuo repletum, 110. perticas s. 1100 pedes longum.*«: Stets mit Wasser und Fischen gefüllter Bereich mit einer Länge von 110 Ruten bzw. 1100 Fuß. – Dieser Abschnitt entspricht ungefähr dem rezenten Weiher am Ortsrand von Graben.

»**BH** *Spatium ordinarie, sine aquis, sed palustre tamen.*«: Nicht mit Wasser gefüllter, aber sumpfiger Bereich. – Dieser Abschnitt dürfte ungefähr dem Trassensegment zwischen dem rezenten Weiher und der Bahnlinie entsprechen.

»**HD** *Lacus perpetuus, piscibus refertus.*«: Dauerhaft ein Weiher, voller Fische. – Dieser Bereich dürfte heute unmittelbar östlich der Bahnlinie liegen.

»**DI** *Spatium rursus siccum.*«: Wieder trockener Bereich. – Dieser Bereich dürfte etwa mittig zwischen der Bahnlinie und der Straße Dettenheim–Grönhart zu verorten sein.

»**IC** *Nouus lacus.*«: Neuer Weiher. – Dieser Bereich dürfte nahe an der Straße Dettenheim–Grönhart liegen, wo die obertägigen Reste des Kanals auslaufen.

»**BE et DF** *Latitudo fossae 30. fere perticarum s. 300. pedum.*«: Breite des Grabens etwa 30 Ruten

²²² StadtA Wßbg. PIS 28. – Johann Veit Biber 1726. – Laut freundlicher Auskunft von R. Kammerl, Stadtarchiv Weißenburg (Mailkorrespondenz 10.4.2019) existiert von dieser Karte, die anlässlich von Grenzstreitigkeiten entstand, »eine zweite Ausfertigung für den Ansbacher Markgrafen (StAN, Fst. Brandenburg-Ansbach, Karten und Pläne Nr. 80). Dieses Exemplar enthält neben der Jahresangabe 1726 auch das Tagesdatum 2. Juli«.

²²³ Haas 1726. – Vgl. Töpner 1993, 17. – Berg-Hobohm 2014a, 2.

²²⁴ Vgl. auch Beck 1911, 35–36.

²²⁵ Vgl. dazu auch Beck 1911, 48.

bzw. 300 Fuß. – Bei einem Fußmaß von ca. 30 cm entspricht dies 120 m, was von Wallfuß zu Wallfuß durchaus mit den realen Maßen des Aushubs übereinstimmt, allerdings nicht mit der Breite des eigentlichen Grabens.

»*G Profunditas fossae, 10. perticarum, s. 100. pedum.*«: Tiefe des Grabens 10 Ruten bzw. 100 Fuß. – Bei einem Fußmaß von ca. 30 cm entspricht dies 30 m, was deutlich über den realen Dimensionen liegt.

»*M Hic domus ostenditur, cuius alterum stillicidium aquam per Altmühlam in Danubium, alterum per Razam in Rhenum mittere perhibent.*«: Hier [=in Grönhart] wurde ein Haus gezeigt, von dem das Wasser in die eine Richtung zur Altmühl und Donau und in die andere zur Rezat und zum Rhein hinabfließt. – Diese Episode versinnbildlicht die Lage des Kanals auf der Wasserscheide.

»*R Vadum Steinleins Furth/ quo usque Weissenburgum olim protensum fuit, et ubi naues Razae olim nauigabilis appulsae sunt.*«: Flussübergang Steinleinsfurth, bis zu der sich einst Weißenburg erstreckt hat und wo Rezatschiffe einst angelegt haben. – Diese Signatur verweist auf die antiken Wurzeln Weißenburgs und die Verlagerung der mittelalterlichen Siedlung vom Kastellstandort nach Osten. Die Annahme einer Schiffslände an der Steinleinsfurth ist durchaus plausibel, kreuzten sich hier doch bereits in römischer Zeit wichtige Land- und Wasserwege.

Einige Aspekte dieser Beschreibungen und der zugehörigen Karte sind besonders hervorzuheben. Kartografisch dargestellt und erläutert ist zunächst einmal nur der Kanalabschnitt, der vom Ort Graben in einer leichten Biegung auf Dettenheim zu führt – nicht aber der zweite Knick nach Norden und der anschließende Trassenbereich parallel zur Rezat. Dieser Befund deckt sich mit den bereits vorgestellten älteren Karten, die den Nordteil ebenfalls nicht abbilden. Die Kartenlegende enthält die wichtige Information, dass zu Beginn des 18. Jahrhunderts in

regnerischen Jahren der gesamte dargestellte Kanalteil unter Wasser stehen konnte, während in trockenen Jahren die drei beschriebenen Weiher durch trockene oder sumpfige Bereiche voneinander getrennt waren. Für den südlichen und mittleren Weiher ist spezifiziert, dass sie dauerhaft Wasser führten und als Fischteiche genutzt wurden. Der östlichste Weiher mit der Signatur »IC« ist als »nouus«, also neu, gekennzeichnet. Dieser Trassenabschnitt war also vor 1726 – wie lange zuvor ist unklar – nicht mit Wasser gefüllt und wurde vermutlich erst in den Jahrzehnten um 1700 als Weiher in der ehemaligen Kanalrinne angelegt.

Daraus ergibt sich eine ganze Reihe baulicher und relativchronologischer Informationen zur jüngeren Nutzungsgeschichte des Karlsgrabens. Es darf vermutet werden, dass der Nordteil des Karlsgrabens nördlich der Straße Dettenheim–Grönhart 1726 bereits so stark verfüllt war, dass er für G. Z. Haas nicht mehr als Teil des Kanals zu erkennen war. Der Südteil dürfte – wie auf den älteren Karten dargestellt – bis in das 17. oder frühe 18. Jahrhundert ein zusammenhängender Weiher gewesen sein, der dann im Mittelteil versumpfte oder gezielt in zwei Weiher unterteilt wurde. Zu einer echten Weiherkette wird der Kanal dagegen erst mit dem Bau des dritten »neuen« Weiher um 1700.

Nur drei Jahre nach der Publikation der Karte von G. Z. Haas erschien 1729 in den *Commentarii De Rebus Franciae Orientalis* von Georg von Eckart eine weitere Spezialkarte des Karlsgrabens mit dem fast identischen Titel *Conspectus Fossae Carolinae pro conjunctione Danubii et Rheni* (Taf. 15, 2)²²⁶. Nicht nur der gleichlautende Titel, sondern auch die Auswahl des Kartenausschnittes, die bogenförmige Darstellung des Kanals und einige weitere ähnliche Elemente lassen eine direkte Abhängigkeit der beiden Stiche voneinander erkennen. Die Darstellung und Beschriftung des Rezatriedes (»Morast«) könnte außerdem auf eine Verbindung zur 1703–1706 hergestellten Karte der Weißenburger Linie hinweisen, in der dieses Element erstmals erscheint. Dem Text zufolge hat Eckart die von ihm gedruckte Karte direkt

226 von Eckart 1729, 750.

von J. A. Döderlein erhalten²²⁷. Die Karte Döderleins bzw. der Abdruck Eckarts fand in den folgenden Jahren offenbar große Verbreitung, denn Kopien finden sich u. a. 1733 in einer historisierenden Karte des Nordgaus von Johann Heinrich von Falckenstein (**Taf. 16, 1–2**)²²⁸ sowie in den 1735 in Wien erschienenen *Augusta Quinque Carolorum Historia Augustissimo* von Patachich de Zajezda (**Taf. 17, 1**)²²⁹. Letztgenannter hat die Vorlage Eckarts leicht abgewandelt, denn zwischen dem Karlsgraben und der Altmühl findet sich eine durch gestrichelte Linien angedeutete Fortsetzung des Kanals. J. A. Döderlein selbst bildet in seinen 1731 erschienenen *Antiquitates in Nordgavia Romanae* lediglich eine Übersichtskarte ab, die zwischen Graben und Dettenheim den »Canal Caroli« zeigt (**Taf. 17, 2**)²³⁰.

Unabhängig von dieser eng miteinander verknüpften Kartengruppe erstellte der Ingenieur und Militär Traugott Friedrich Schuchart 1736 eine handgezeichnete Karte »von dem Cours und übrigen Situation des Altmühl-Flusses« (**Taf. 18, 1**)²³¹. Hintergrund waren offenbar Flussbaumaßnahmen, denn im Untertitel der Karte heißt es: »so weit derselbe zu Verhütung fernerer Überschwemmung und Beförderung eines bessern Ablauffs von Bintzwang im Ober-Amt Colnberg an bis Esslingen unterhalb Solnhofen auf Herrschaftliche gnaedigste Verordnungen in Annis 1735 et 1736 nebst denen aus und eingehenden Haupt- und Neben-Graeben ausgeputzt und geraumet worden«²³². Der Karlsgraben ist unmittelbar nördlich des Ortes Graben als Kette von vier unterschiedlich großen Weihern mit angedeutetem nördlichem Zufluss dargestellt – eine bereits aus einigen älteren Karten bekannte Darstellungsweise.

Nur ein Jahr später wurde im Jahr 1737 eine handgezeichnete Augenscheinkarte eines strittigen Grenz-

gebietes um den Stadelhof erstellt (**Taf. 18, 2**)²³³. Die kolorierte Federzeichnung dokumentiert die Position der Reichsgrafschaft Pappenheim, im Mittelpunkt stehen dabei eine »Umgehauene Zoll Säule« am Stadelhof und ein »Umgehauener Galgen« im Rezatried westlich des Markhofes. Im rechten Teil der Karte ist zwischen den Orten Dettenheim und Grönhart der Karlsgraben in Gestalt eines einzelnen Weihers dargestellt, der von Baumreihen gesäumt ist. Da auf der Karte aber u. a. der Ort Graben völlig fehlt, ist die Zuverlässigkeit der Darstellung unklar. Unabhängig davon ist allerdings festzuhalten, dass wie bei allen anderen älteren Karten eine Fortsetzung des Kanals nördlich der Straße Dettenheim–Grönhart fehlt.

Der Kontrahent Pappenheims in dieser Streit-sache war die Reichsstadt Weißenburg. Im Jahr 1727/1739 wurde die Weißenburger Position in einer zweiten Karte festgehalten, die von Gabriel Bodenehr als teilweise kolorierter Druck erstellt wurde (**Taf. 19, 1**)²³⁴. Als Vorlage könnte aufgrund diverser Ähnlichkeiten die Weißenburger Flurkarte aus dem Jahr 1726 gedient haben. Der Karlsgraben ist aufgrund des gewählten Kartenausschnittes nicht abgebildet, dafür aber wie in der vermuteten Vorlage das Rezatried und die Kulturlandschaft beiderseits des Riedes.

Aus den 1750er-Jahren stammen zwei rein illustrative Karten mit Darstellungen des Karlsgrabens, die an die Vorlagen von Haas und Döderlein anknüpfen. J. D. Schoepflin bildet 1753 in seinem Beitrag »Sur la jonction du Danube avec le Rhin, projetée par Charlemagne« den Karlsgraben zusammen mit dem Limes (»Mur du Diable«/Teufelsmauer) ab (**Taf. 19, 2**)²³⁵. Die bogenförmige Darstellung zwischen den Orten Graben und Dettenheim und die Andeutung des Rezatriedes durch eine Umriss-

²²⁷ von Eckart 1729, 750: »Cl. Doederlinus delineationem huius fossae benevole mecum communicavit, quam ideo hic loci addo [...]«. Vgl. auch Beck 1911, 37.

²²⁸ Falckenstein 1733. – Vgl. auch Töpner 1993, 16. – Beck 1911, 38.

²²⁹ Zajezda 1735.

²³⁰ Döderlein 1731.

²³¹ StAN Fst. Brandenburg-Ansbach, Karten und Pläne Nr. 14. – Schuchart 1736. – Fleischmann 1998, 311–312.

²³² StAN Fst. Brandenburg-Ansbach, Karten und Pläne Nr. 14.

²³³ BayHStA München Plansammlung Nr. 20594. – Urheber unbekannt 1737.

²³⁴ BayHStA München Plansammlung Nr. 20595. – Bodenehr 1727/1739 (aus Sicht der Reichsstadt Weißenburg). – Laut freundlicher Auskunft von R. Kammerl, Stadtarchiv Weißenburg (Mailkorrespondenz 19.4.2019) liegt der Kupferstich von Bodenehr im StadtA Wßbg. »in zwei Fassungen vor (StadtA Wßbg., PIS 4a und 4b). Die Abbildung ist identisch, nur die Beschriftung darunter variiert. Ein Exemplar trägt die Seitenzahl 98 und ist aus Bodenehrs Werk *Force d'Europe*, erschienen in Augsburg 1727. Damit dürfte auch die Datierung 1739 zu ändern sein«.

²³⁵ Aus Schoepflin 1753.

linie sind ein direktes Zitat der 1729 von Eckart publizierten Erstfassung. Eine ähnliche bogenförmige Darstellung, jedoch getrennt in einen größeren und einen kleineren Weiher, wählt auch G. Le Rouge für seinen 1759 in Paris erschienenen »Atlas portatif des militaires et des voyageurs« (Taf. 21, 1)²³⁶.

Um 1774 datiert eine handgezeichnete Karte der Reichsstadt Weißenburg und ihrer Umgebung (Taf. 20, 3)²³⁷. Die gesüdete Karte wurde von einem brandenburg-ansbachischen Ingenieur und Artillerie-Leutnant Löhner erstellt und zeigt das Gebiet zwischen Dettenheim, Graben und Emetzheim (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE) mit hoher Detailgenauigkeit. Ergänzend zum Kartenbild erläutert eine Legende verschiedene Signaturen, darunter »K« für den Kanal von »Carolo Magno« und »J« für die 1703 errichteten Redouten. Der Karlsgraben ist in Form von zwei langrechteckigen Weihern dargestellt, die untereinander mit einem Durchfluss verbunden sind. Der östliche Weiher wird durch einen von der Rezat abgezweigten Zufluss gespeist, der südliche Weiher hat einen Abfluss zur Altmühl. Wie auf der weit älteren Karte des Weißenburger Waldes aus den 1570er-Jahren ist eine Bifurkation der Rezat gezeichnet, von der aus das Wasser einerseits durch den Karlsgraben zur Altmühl und andererseits nach Norden Richtung Weißenburg fließt. Um diese Situation zu verdeutlichen, hat der Kartograf unterhalb der Bifurkation Pfeile eingefügt, die die Fließrichtungen anzeigen.

Eine entsprechende Bifurkation ist auch auf einer handgezeichneten Flusskarte von Altmühl und Rezat dargestellt, die leider undatiert ist (Taf. 20, 2)²³⁸. Der Karlsgraben schließt in der von Ant. Schauß gezeichneten Karte als großer Weiher nördlich an den Ortsrand von Graben an. Angesichts der Darstellungsweise der Stadtbefestigungen erscheint eine Datierung in das 17./18. Jahrhundert wahrscheinlich.

Den Abschluss dieser Betrachtung sollen drei kartografische Darstellungen des ausgehenden 18.

und frühen 19. Jahrhundert bilden. Aus dem Jahr 1793 stammt eine handgezeichnete Karte von Weißenburg und Umgebung, die in einer Kopie des Jahres 1804 erhalten ist (Taf. 21, 1)²³⁹. Am linken unteren Rand der Inselkarte ist das Rezatried zwischen Markhof und Emetzheimer Steg abgebildet, der Karlsgraben liegt jedoch bereits außerhalb des Kartenausschnittes.

Noch ganz in der Tradition der älteren Darstellungen steht die Kartenbeilage in Andreas Buchners 1818 erschienener »Reise auf der Teufels-Mauer« (Taf. 21, 2)²⁴⁰. Der Karlsgraben ist als bogenförmige Linie ausgeführt und wie etwa 100 Jahre früher in der Karte von Haas mit Buchstabensignaturen versehen, zu denen sich im Text eine Beschreibung findet. Vom Altmühlanschluss (»a. b.«) fand Buchner keine sichtbaren Spuren, dieser Teil ist daher mit gestrichelten Linien angedeutet. Nur der südlichste Teil unmittelbar nördlich des Ortes Graben (»b. c.«) war »4 Fuße tief mit Wasser gefüllt«, nördlich von »c« war der Kanal dagegen »größtentheils ausgetrocknet und in eine Wiese verwandelt bis auf eine etwas sumpfige Strecke«. Im Rezatried (»d. e.«) sah Buchner dagegen 1816 nur noch »Erhöhungen an beiden Ufern des Baches, die hin und wieder an einzelnen Stellen zum Vorschein kommen« und die »Spuren des Kanals seyn« mögen²⁴¹.

Der von Buchner beschriebene Zustand ist schließlich auch auf den in den 1820er-Jahren erstellten Blättern des Urkatasters festgehalten (Taf. 10). Erstmals sind hier die Reste des Kanals in einer Präzision dargestellt, die auch modernen Anforderungen genügt²⁴². Eine Wasserführung war zu diesem Zeitpunkt nur noch im Bereich des auch heute erhaltenen Weihers nördlich des Ortes Graben gegeben, der weitere Verlauf des Kanals Richtung Norden ist dagegen – wie wenige Jahre zuvor von Buchner geschildert – mit Wiesensignaturen ausgefüllt.

²³⁶ Le Rouge 1759.

²³⁷ Löhner um 1774. – Die Datierung 1774 geht auf Eigler 1993, S. 7 Anm. 1 zurück. Er datiert die Karte mit Bezug auf eine Auskunft von G. Leidel erst um 1774, da sie in Zusammenhang mit einem Rechtsstreit vor dem Reichskammergericht steht, der in diesem Jahr begann.

²³⁸ BayHStA München Plansammlung Nr. 620. – Ant. Schauß Datierung unbekannt, wohl 17./18. Jh.

²³⁹ StAN Fst. Brandenburg-Ansbach Karten und Pläne Nr. 552. – Stud. Milit. 1793 (Kopie von 1804).

²⁴⁰ Buchner 1818, Kartenbeilage.

²⁴¹ Buchner 1818, 99.

²⁴² Vgl. Koch 1993a, 8. – Beck 1911, 40. – Kirchner u. a. 2018.

Zusammenfassend lassen sich aus der bis zu diesem Zeitpunkt etwa 250-jährigen Kartografie-Geschichte des Karlsgrabens einige grundsätzliche Beobachtungen gewinnen. In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts scheint nur ein einziger Weiher unmittelbar nördlich des Ortes Graben mit Wasser gefüllt gewesen zu sein. Bereits in dieser Zeit waren die Kanalteile nördlich der Straße Dettenheim–Grönhart offenbar nicht mehr als signifikantes Gelände-merkmal erkennbar. Ab dem frühesten 17. Jahrhundert liegen dann für den Südteil des Karlsgrabens zahlreiche Belege für eine Kette aus mehreren Weihern vor, die zumindest teilweise erst kurz zuvor neu angelegt wurden. Spätestens im frühen 19. Jahrhundert waren diese zusätzlichen Weiher wieder verlandet und wurden als Wiesenfläche genutzt, die Wasserführung beschränkt sich ab diesem Zeitpunkt auf den noch heute erhaltenen Weiher nördlich des Ortes Graben.

Sonstige Bildquellen des 16. bis frühen 20. Jahrhunderts

Lässt man die kartografischen Quellen außer Acht, sind andere frühe Bildzeugnisse des Karlsgrabens sehr rar.

Das wohl bekannteste Beispiel – und gleichzeitig eine der ältesten Bildquellen des Karlsgrabens überhaupt – ist die imaginäre Darstellung des Kanalbaus in einer Miniatur des Echter-Exemplars der Würzburger Bischofschronik des Lorenz Fries (**Taf. 24, 1**)²⁴³. Die Buchmalerei dieser Handschrift stammt aus der Zeit nach 1574 und spiegelt die frühneuzeitlichen Vorstellungen des Kanalbaus Karls des Großen wider. Der Durchstich zwischen Altmühl und Rezat ist als geradliniger Graben visualisiert, in dem mehrere Arbeiter das Erdreich ausheben. Beide Anschlüsse an die natürlichen Fließgewässer fehlen, der Bau befindet sich also in einem nicht fertigen Zustand.

Im 17. und 18. Jahrhundert scheint sich die Darstellung des Karlsgrabens auf Altkarten zu beschränken. Erst aus dem 19. Jahrhundert liegen wieder andere Bildquellen vor. Aus dem mittleren 19. Jahrhundert stammt eine frühe naturalistische Ansicht von Teilen des Karlsgrabens. Der von Johann Gabriel Friedrich Poppel ausgeführte Stahlstich einer Zeichnung von Carl August Lebschée (1800–1877) wurde 1844 erstmals publiziert und fand weite Verbreitung (**Taf. 24, 2**)²⁴⁴. Der Stich zeigt das südliche Ende des Kanals am Ortsrand von Graben, bevor vor dem westlichen Wallende das Gebäude Karlsgrabenstraße 30 (Denkmalnummer D-5-77-173-89) errichtet wurde. Die Aushubwälle beiderseits des Weihers weisen einen lockeren Baumbestand auf und sind durch Spazierwege erschlossen. Am Südende des Weihers ist die abschließende Staumauer angedeutet.

Aus der Zeit um 1900 stammen schließlich die ältesten Fotografien des Kanals²⁴⁵. Zahlreiche dieser Aufnahmen sind im Stadtarchiv Weißenburg im Nachlass Schober und im Nachlass Ferdinand von Wissel zu finden²⁴⁶. Sie zeigen die deutlich sichtbaren Reste des Kanals mit Baumbewuchs und Wiesennutzung sowie den Dorfweiher von Graben (**Taf. 25, 1–2; 26, 1–2; 27, 1–2**)²⁴⁷.

²⁴³ Fries, Chronik Echter-Exemplar, ed. Universitätsbibliothek Würzburg. – Fries, Chronik ed. Universitätsbibliothek Würzburg. – <http://franconica.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/fries-101> (1.9.2019).

²⁴⁴ Redenbacher 1844, 54–55. – Erneuter Abdruck in von Chlingsperg 1846, 144–145. – Dazu auch Berg-Hobohm 2014a, 2. – Beck 1911, 19–20.

²⁴⁵ Vgl. auch Beck 1911, 42 Abb. 5. 6. 8. 10.

²⁴⁶ Stadtarchiv Weißenburg N/Sch. – Stadtarchiv Weißenburg Nachlass Wissel.

²⁴⁷ Vgl. Schober 1905a-1910; 1905b-1910; 1905c-1910; 1905d-1910. – von Wissel ohne Datum; 11.6.1932.

Jüngere Forschungs- und Rezeptionsgeschichte

Die Anfänge der jüngeren Forschungs- und Rezeptionsgeschichte des Karlsgrabens sind im 16. Jahrhundert zu verorten. Dieser Zeitraum kann als initiale Phase der Karlsgrabenforschung bezeichnet werden²⁴⁸.

Forschung und Rezeption im 16. bis 18. Jahrhundert

Die vermutlich früheste wissenschaftliche Beschreibung der Überreste des Karlsgrabens liefert **Willibald Pirckheimer** in seiner 1532 erschienen *Germaniae ex variis scriptoribus perbrevis explicatio*²⁴⁹. Als erster verweist er darin ganz explizit auf die erhaltenen Reste des Kanals, die an vielen Stellen besonders in der Nähe von Weißenburg zu sehen seien:

*Carolus Imperator [...] foßam in Almonem, qui in Danubiu influuit, ducere est aggressus [...] ita a mari in mare nauigari poßit. Verum ob ingruentes ut fertur tempestates, ab opere cessare est coactus: manent tamen adhuc manifesta tanti conatus uestigia, inchoataque; fossa pluribus locis cernitur; praecipue tamen iuxta Burgum album, nunc weissenburgam*²⁵⁰.

Wenige Jahre später verweist in seinem 1547 erschienenen *Itinerum liber unus* auch **Georg Fabricius Chemnicensis** auf »uestigia« des »Grande opus« – und verwendet dabei erstmals die Bezeichnung »Fossa Caroli Magni«, die bis heute als *Fossa Carolina* den Sprachgebrauch prägt²⁵¹.

Ab dem mittleren 17. Jahrhundert finden sich Belege für ein Wiederaufleben der Idee einer Kanalverbindung zwischen Rhein und Donau, die bald auch mit dem karolingerzeitlichen Vorläufer verknüpft wurde²⁵². Ein früher Vertreter dieser Strömung ist

Johann Eberhard Wasserberg, der 1654 beim Rat der Reichsstadt Nürnberg vorstellig wurde, um – letztlich erfolglos – sein Konzept einer Kanalverbindung zwischen Rhein und Donau vorzustellen²⁵³. Eine ähnliche Idee skizzierte Graf **Wolf von Weikersheim** in einer Schrift aus dem Jahr 1662²⁵⁴. Im Zuge der gescheiterten Initiative für eine Schiffbarmachung der Tauber stellt der Gelehrte **Johann Joachim Becher** 1682 dann in seinem Spätwerk »Närrische Weißheit Und Weise Narrheit« einen direkten Bezug zum Karlsgraben her:

»Caroli Magni Graben bey Nürnberg die Donau mit dem Mayn und Rhein zu vereinigen [=Überschrift]. Weil hiervon in dem Atlante die Beschreibung und Geographi ist so will ich nicht davon gedencken als allein melden daß er bey Keelheim durch die Alt-Mühl Regnitz und Pegnitz bey Forchheim wiederumb in den Mayn gewolt hat: wiewol er nun wie die Historien melden mit viel tausend Mann an einem Durchschnitt arbeiten lassen ist er doch wiederumb eingefallen und durch vielen Regen und streng Gewässer verdorben worden glaub auch daß man zu Nürnberg lieber sehe daß man die Landfahrt erhalte dann darvon leben viel Menschen und Pferde. Wässer wo Zölle seyn nutzen nichts zumahlen wann sie unterschiedlichen Herren zugehören die nicht unter einen Hut zu bringen. Dieses siehet man an den zwey mächtigen Ströhmen dem Rhein und Donau da man auch fluvio secundo dennoch mit leichtern Kosten Wein und Güter zu Land als zu Wasser den Stroh hinunter führen kan.« Nach dieser Schilderung des Karlsgrabenbaus mit einer Kritik an der Kleinstaatserei und Landweg-Fixierung seiner Zeit folgen im nächsten Absatz Ausführungen zu seinem eigenen »Concept, die Donau mit dem Rhein zu vereinigen«²⁵⁵.

²⁴⁸ Beck 1911, 11–12 setzt diese Grenze erst im frühen 18. Jh.

²⁴⁹ Pirckheimer 1532, *De fluminibus Germaniae*.

²⁵⁰ Pirckheimer 1532, *De fluminibus Germaniae*. Vgl. dazu auch Berg-Hobohm 2014a, 1. – Beck 1911, 10.

²⁵¹ Chemnicensis 1547, 34. – Vgl. auch Berg-Hobohm 2014a, 1. – Beck 1911, 10.

²⁵² Dazu insbesondere nach Töpner 1993, 17–18.

²⁵³ Töpner 1993, 17. – Hofmann 1969, 12–14.

²⁵⁴ Vgl. von Zech-Kleber 2012.

²⁵⁵ Becher 1682, 106–107. – Vgl. auch Töpner 1993, 18, der das Erscheinungsjahr fälschlicherweise mit 1707 angibt, vermutlich mit Bezug auf eine in diesem Jahr in Augsburg erschienene Neuauflage, vgl. <http://>

Zu Beginn des 18. Jahrhunderts hat der Geschichtsforscher und Weißenburger Lehrer **Johann Alexander Döderlein** eine erste genaue Beschreibung der Kanalreste mit einer zugehörigen hydrotechnischen Diskussion der Wasserführung und vergleichbarer antiker Kanalbauten verfasst²⁵⁶. Döderlein berichtet:

*Inde ab istis puta ripis [der Altmühl] sexcentorum circiter passuum spatio, ascendimus Septentrionem versus ad pagum Graben/agris nonnihil acclivibus impositum, atque ab ipsa ista, de qua agimus Fossa, nomen, suum sortitum. Et ad istum hunc pagum, qua potissimum Eurum respicit, improbi laboris vestigia praeprimis apparent, cum clivuli ibidem dorsum maxime etiam conspicuum videatur [...] Desinit autem ista Fossa, in subiacentibus pratis uliginosis Razam rivum, quem superiorem dicunt, e pago Dettenheim/ semihorum a Filia Graben/ Orientem versus, distante et fontibus suis prolabentem excipientibus et a Weissenburgo, quo paucae hinc inde tamen confluentes aquae, tendunt, horae circiter spatio sitis*²⁵⁷.

Frei übersetzt waren es demnach vom Ufer der Altmühl aus etwa 600 Schritte in Richtung Norden bis zum Dorf Graben, wo die Reste des großen Werkes mit den höchsten Hügeln zutage treten. Der Graben endet in den tief liegenden feuchten Wiesen der Niederung der oberen Rezat, deren Quelle bei Dettenheim eine halbe Stunde vom Nachbarort Graben entfernt liegt und die weiter nach Weißenburg fließt. Die zugehörige kartografische Darstellung findet sich einige Jahre später in jüngeren Werken (Taf. 15, 2; 17, 2)²⁵⁸. Döderlein diskutiert in seiner Schrift auch die Frage der Wasserversorgung des Kanals (*»ut in amplissima fossa et canali junctae aquae,*

navigantibus suffecissent«) und äußerte in diesem Zusammenhang mit Verweis auf *Scriptores Hydrographicos* und wasserbauliche Veränderungen die Vermutung, dass die Rezat im Frühmittelalter mehr Wasser geführt hätte²⁵⁹.

Einen wichtigen forschungsgeschichtlichen Meilenstein stellt die »Dissertatio Historica de Danubii et Rheni Coniunctione a Carolo Magno Tentata« dar, die **Georg Zacharias Haas** 1720 an der Universität Regensburg verteidigt und 1726 publiziert hat²⁶⁰. Die Arbeit enthält nicht nur die bereits vorgestellte Karte der *Fossa Carolina* mit ausführlicher Legende (Taf. 15, 1), die offenbar auf genauem Geländestudium basiert, sondern auch eine detaillierte Zusammenstellung der zu diesem Zeitpunkt bekannten mittelalterlichen Quellen und der Literatur des 16. bis frühen 18. Jahrhunderts (Pirckheimer, Aventin, Lindenbruch, Döderlein etc.)²⁶¹. Basierend auf seinen Ausführungen zum Karlsgraben regte schließlich auch G. Z. Haas eine Wiederaufnahme des Bauvorhabens an²⁶².

Im Laufe des 18. Jahrhunderts finden sich bei diversen weiteren Autoren wie etwa Johann **Heinrich von Falckenstein** und **Johann Daniel Schoepflin** kürzere Abhandlungen zum Karlsgraben, gelegentlich verbunden mit Augenschein- oder Reiseberichten und beigelegten Karten (Taf. 16, 1; 19, 2)²⁶³. Eine Auswahl hat F. Beck zusammengestellt²⁶⁴. Da diese Berichte inhaltlich kaum Neues beitragen, soll auf eine ausführliche Diskussion verzichtet werden. Lediglich ein Detail soll hervorgehoben werden: Ab dem späteren 18. Jahrhundert mehrte sich eine Lesart der mittelalterlichen Quellen, der zufolge der Kanal tatsächlich von Karl dem Großen befahren wurde²⁶⁵.

mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb11246127-6 (23.1.2019).

Zu diesem Zeitpunkt war Becher bereits lange verstorben, vgl. www.deutsche-biographie.de/gnd118507923.html#ndbcontent (23.1.2019). – Vgl. auch Hofmann 1969, 12.

²⁵⁶ Döderlein 1705. – Zitation nach Beck 1911, 12. Da der Titel der Schrift bei Beck nicht korrekt bzw. vollständig wiedergegeben ist, war die Lokalisierung des Werkes ausgesprochen schwierig. Hier gilt der Dank den Mitarbeiter*innen der Universitätsbibliothek München, denen die Identifizierung gelang. – Vgl. auch Berg-Hobohm 2014a, 2. – Zur Person Döderleins [https://personenlexika.digitale-sammlungen.de/Lexika/D%C3%B6derlein,_Johann_Alexander_\(GND_121988511\)](https://personenlexika.digitale-sammlungen.de/Lexika/D%C3%B6derlein,_Johann_Alexander_(GND_121988511)) (23.1.2019).

²⁵⁷ Döderlein 1705.

²⁵⁸ Döderlein 1731, Kartenbeilage. – Haas 1726.

²⁵⁹ So Beck 1911, 13. – Vgl. auch Töpner 1993, 17. – Vgl. auch Falckenstein 1734, 143. – Das verschollene Original konnte wie bereits ausgeführt nicht eingesehen werden.

²⁶⁰ Haas 1726.

²⁶¹ Vgl. dazu auch Beck 1911, 13.

²⁶² Vgl. Haas 1726, §17–18. – Töpner 1993, 17–18.

²⁶³ Vgl. exemplarisch Falckenstein 1734, 89. 143–145. – Schoepflin 1753, besonders 260.

²⁶⁴ Beck 1911, 13–15. – Vgl. auch Töpner 1993, 17.

²⁶⁵ Vgl. Beck 1911, 15–16. – Dazu exemplarisch von Eckart 1729, 752.

Forschung und Rezeption im 19. Jahrhundert

Dies ist auch vor dem Hintergrund zu lesen, dass bereits um 1800 »von **Napoleon I.** der Weckruf [ausging] den karolingischen Plan von neuem zur Durchführung zu bringen«²⁶⁶. In den Jahren 1800 und 1801 erfolgte eine detaillierte Begehung des Kanals und der angrenzenden Fließgewässer durch Militärs und Ingenieure, die 1801 publiziert wurde²⁶⁷. Darin werden nicht nur die erhaltenen Überreste des Kanals, sondern auch die Charakteristika der Flussbetten von Altmühl und Rezat genau beschrieben. Die Altmühl hatte demnach bei Graben eine Tiefe von etwa zwei Fuß und hätte dort noch Boote mit einer Tragfähigkeit von 5–8 Tonnen tragen können. Die Rezat war im Ortsbereich von Dettenheim in einem 2–3 Fuß breiten und einen halben Fuß tiefen Kanal gefasst und floss sowohl in die flache Rezataue als auch in die Reste des Karlsgrabens und von dort aus in Richtung Graben bzw. in den langgezogenen Weiher. Bei Weißenburg wird das Bachbett der Rezat mit 2–3 Fuß Tiefe und 8–12 Fuß Breite angegeben, war also bereits genauso tief wie die Altmühl bei Graben. In Richtung Ellingen und Pleinfeld wurde die Rezat zwar erheblich breiter, aber kaum tiefer.

Dieser Beschreibung ist zu entnehmen, dass bei der Verwendung schmaler Wasserfahrzeuge vor den Flussbaumaßnahmen des 19. und 20. Jahrhunderts kaum Unterschiede in der Schiffbarkeit von Altmühl und Rezat bestanden haben dürften. Abschließend liefern die Ingenieure der Begehungskommission technische Vorschläge für die Öffnung der Kanalverbindung mit einer nutzbaren Breite von 40 Fuß. Für eine ausreichende Wasserhaltung schlagen sie einen Stauweiher bei Weißenburg und die Zuleitung der Schambach in den Kanal vor und schließen mit der Feststellung, dass die Umsetzung »keinerlei Schwierigkeiten« bereiten würde und »in einem Jahr abgeschlossen sein könnte«²⁶⁸.

Wenige Jahre später publizieren **Alexander Lips und Friedrich Fick** 1805 ihre Studie »Der Kanal in Franken«²⁶⁹. Darin beschreiben sie – ähnlich wie die französischen Ingenieure wenige Jahre zuvor – die erhaltenen Reste des Karlsgrabens und die angrenzenden Fließgewässer und schließen mit dem Fazit, dass dieser Kanal leicht in Betrieb genommen werden könnte²⁷⁰. Hervorzuheben ist die Nennung von nur einem erhaltenen Weiher, die Diskussion der nicht erfolgten Durchstiche zu Altmühl und Rezat und der Probleme der Wasserhaltung aufgrund der Niveauunterschiede zwischen beiden Gewässern²⁷¹.

Auch Napoleons Adoptivsohn **Eugène de Beauharnais**, ab 1817 Herzog von Leuchtenberg und Fürst von Eichstätt, scheint die Wiedereröffnung des Karlsgrabens gefördert zu haben, ohne dass es aber zu einer tatsächlichen Umsetzung kam²⁷². Auskunft darüber gibt u. a. eine Korrespondenz zwischen **Johann Wolfgang von Goethe** und Johann Peter Eckermann, in der Goethe über seine Gespräche mit Eugène im Sommer 1823 berichtet: »Er [Eugène] theilte mir in Marienbad einen Plan mit, über dessen Ausführung er viel mit mir verhandelte. Er ging nämlich damit um, den Rhein mit der Donau durch einen Kanal zu vereinigen. Ein riesenhaftes Unternehmen, wenn man die widerstrebende Localität bedenkt. Aber jemandem, der unter Napoleon gedient und mit ihm die Welt erschüttert hat, erscheint nichts unmöglich. Karl der Große hatte schon denselben Plan und ließ auch mit der Arbeit anfangen; allein das Unternehmen gerieth bald ins Stocken: Der Sand wollte nicht Stich halten, die Erdmassen fielen von beiden Seiten immer wieder zusammen«²⁷³.

Ein später Befürworter einer Neuöffnung des Karlsgrabens war **Andreas Buchner**, ein Geschichtspräsident aus Regensburg²⁷⁴. In seiner 1818 publizierten »Reise auf der Teufels-Mauer« führt er eigene Anschauung, Quellenbelege und fantasievolle Ergänzungen anderer Autoren zu einem kreativen Gesamtbild des Kanalbaus zusammen, die in ei-

²⁶⁶ Beck 1911, 15. – Töpner 1993, 19. – Fackler 2007, 206. – von Zech-Kleber 2012.

²⁶⁷ Notes du général 1801. – Vgl. auch Schönwetter o. J. – Beck 1911, 15. – Schnetzler 1995, 5.

²⁶⁸ Notes du général 1801, 625. – Vgl. auch Töpner 1993, 19.

²⁶⁹ Lips/Fick 1805. – Vgl. auch Beck 1911, 17.

²⁷⁰ Lips/Fick 1805, 77–83.

²⁷¹ Vgl. Lips/Fick 1805, 82–83.

²⁷² Zur Person vgl. www.deutsche-biographie.de/gnd118727834.html#ndbcontent (30.1.2019).

²⁷³ Freiherr von Biedermann 1889–1896, 29. Februar 1824.

²⁷⁴ Zur Person Koschik 1987, 24.

nem Plädoyer für eine Wiederaufnahme bzw. einen Neubau im selben Trassenverlauf münden²⁷⁵. Dies würde dem Bauherren als »zweiten Karl« nicht nur »Unsterblichkeit des Namens«, sondern auch »die dankbare Verehrung von Millionen« einbringen²⁷⁶. Die von ihm erstellte Kartenbeilage (**Taf. 21, 2**) und die zugehörigen Erläuterungen dokumentieren die im frühen 19. Jahrhundert sichtbaren Reste des Bauwerkes und wurden bereits im vorangehenden Kapitel diskutiert²⁷⁷. Buchner weiß außerdem zu berichten, dass für den Bau »Soldaten das Schwert mit der Schaufel vertauschen mussten« und der Kanal trotz missmutiger Arbeiter fertiggestellt wurde und »Karl [...] noch im Spätjahr 793 das Vergnügen einer Schifffahrt [...] auf dem Kanal [...]« genossen habe²⁷⁸.

Erst unter dem Kronprinzen und späteren bayerischen **König Ludwig I.** erfolgte jedoch in den 1830er-Jahren nach langem Streit und unzähligen Gutachten, Plädoyers und Gegenplädoyers eine endgültige Trassenfestlegung und das Projekt kam über das Planungsstadium hinaus²⁷⁹. Unter Federführung von **Heinrich Freiherr von Pechmann** erfolgte die finale Abkehr von einer Neuöffnung des Karlsgrabens zu Gunsten der Route über Dietfurt, Berching (beide Lkr. Neumarkt in der Oberpfalz/DE) und Hilpoltstein (Lkr. Roth/DE) bis Bamberg (Stadt Bamberg/DE), die erstmals 1801 von **Georg Michael Regnet** diskutiert worden war²⁸⁰. In diesem Zuge diskutieren Pechmann und andere – häufig polemisch und mit spezifischer Intention für oder gegen diese Trasse – erneut auch die baulichen Reste des karolingerzeitlichen Kanales und spekulieren über die hydrologischen Rahmenbedingungen während der Bauzeit im späten 8. Jahrhundert²⁸¹. **Anselm von Feuerbach** stellt beispielsweise die Befahrbarkeit von Altmühl und Rezat grundsätzlich infrage, während Pechmann postuliert, dass die Altmühl zu dieser Zeit oberhalb von Treuchlingen ein großer See

gewesen sei, dessen Pegel »um 22 1/2 Fuß [über 6 m] höher als heute« gelegen habe, weshalb ein Kanalbau damals problemlos möglich war, nun aber praktisch ausgeschlossen sei²⁸².

Pechmanns These widerlegte wenige Jahre später **Carl Redenbacher** in seinen 1844 publizierten Betrachtungen zur *Fossa Carolina* – der Ludwig-Donaу-Main-Kanal war zu diesem Zeitpunkt bereits fertiggestellt²⁸³. Als Gegenargument führt er u. a. an, dass die »noch älteren römischen Ansiedlungen [...] heute noch unmittelbar bis an das flache Ufer des Flusses sich erstrecken«, der Wasserspiegel sich also kaum geändert haben kann²⁸⁴. Ein wichtiger Bestandteil seiner Arbeit ist außerdem eine detaillierte Beschreibung der Reste des Karlsgrabens. Hervorzuheben ist die Lokalisierung des nördlichen Endes in der Flur Dettenheim »ohnweit der Riedgasse, etwa 1000 Fuß von dem Theilungspunkte der Rezatquelle entfernt«²⁸⁵. Der genannte »Theilungspunkt« dürfte mit der auf verschiedenen Karten des 18. Jahrhunderts verzeichneten Bifurkation der Rezat westlich von Dettenheim zu identifizieren sein (**Taf. 20, 3**). Die »Riedgasse« bezeichnet die von Dettenheim nach Grönhart führende Wegeverbindung, die ab dem 15. Jahrhundert als »Ritgassen« in Quellen erscheint²⁸⁶. Da Redenbacher außerdem als Gesamtlänge des Kanals 5300 Fuß (etwa 1600 m) angibt, dürfte er auch nördlich der Riedgasse die Reste des Kanals erkannt haben. Als Argument gegen einen Anschluss an Altmühl und Rezat führt er an, dass »an den beiden Enden des Grabens der natürliche, mit der Umgebung durchaus zusammentreffende Boden, den noch kein Schaufelstich berührt hat, ganz unzweifelhaft zu Tage tritt«²⁸⁷. Redenbacher präzisiert außerdem die Chronologie der Weihernutzung im ehemaligen Kanal und führt aus, dass »noch vor 60 Jahren [...] die ganze Fossa aus einer terrassenförmig über einander gelegten Reihe von

²⁷⁵ Buchner 1818, 93–98.

²⁷⁶ Buchner 1818, 95.

²⁷⁷ Vgl. Buchner 1818, 99–100.

²⁷⁸ Buchner 1818, 94. 97.

²⁷⁹ Zur Person Ludwigs vgl. www.deutsche-biographie.de/sfz70572.html#ndbcontent (30.1.2019). – Allgemein dazu Schnetzler 1995, 291. – Töpner 1993, 17. – Fackler 2007.

²⁸⁰ Dazu Töpner 1993, 19. – Vgl. auch Hofmann 1969, 16.

²⁸¹ Vgl. von Pechmann 1832, 24–27. – Dazu allgemein Beck 1911, 15–19. – Töpner 1993, 19.

²⁸² von Feuerbach 1830. – von Pechmann 1832, 25–26.

²⁸³ Redenbacher 1844, 55–62. – Zur Person Koschik 1987, 23–24.

²⁸⁴ Redenbacher 1844, 60–61.

²⁸⁵ Redenbacher 1844, 59.

²⁸⁶ Vgl. Beier 1995, 49.

²⁸⁷ Redenbacher 1844, 59.

Weihern, den Herren von Pappenheim gehörig« bestanden habe, die – bis auf den südlichsten – »jetzt [...] alle trocken gelegt, und zu fruchtbaren Wiesen umgewandelt« seien²⁸⁸. Diese Trockenlegung und Umgestaltung muss demnach in den letzten beiden Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts erfolgt sein, was sich hervorragend mit dem bereits ausgeführten Zeugnis der Altkarten deckt²⁸⁹.

Im Kontext der allgemeinen Zweifel an der Befahrbarkeit der Schwäbischen Rezat finden sich in der Literatur des 19. Jahrhunderts auch wiederholt Überlegungen zu einer möglichen Fortsetzung des Kanals in Richtung Norden bzw. einer Kanalisierung der Rezat²⁹⁰. Intensiv diskutiert wird außerdem die Frage, ob ein Durchstich auf einem Niveau oder ein Scheitelkanal mit Schleusen geplant war²⁹¹. Auch die Möglichkeit, dass die finale Tiefe noch nicht erreicht war, kommt dabei zur Sprache²⁹². Vermehrt begegnen ab dem ausgehenden 19. Jahrhundert außerdem grundsätzliche Zweifel, dass das Bauwerk karolingerzeitlich sei, alternativ wird es u. a. als Befestigungsanlage »gegen die östlichen Völker« gedeutet²⁹³. Diese grundsätzliche Skepsis gipfelt in einem Beitrag von **Emanuel Seyler**, der den Karlsgraben als »römische Pferdeschwemme« interpretiert, die Schriftquellen auf eine Lokalität bei Wolframs-Eschenbach beziehen möchte und die bisherige Forschungsmeinung als »Geschichtslüge« diffamiert, die »in naiver Kritiklosigkeit von dem geschwätzigsten Mönch Ekkehard von Niederaltaich übernommen« worden wäre²⁹⁴.

Forschung und Rezeption im 20. Jahrhundert bis 1990

Weniger fantasievoll und mit einem eher technischen Fokus setzt sich **Eduard Faber** in seiner 1903 publizierten »Denkschrift zu dem technischen Entwurf einer neuen Donau-Main-Wasserstrasse« mit dem Karlsgraben auseinander²⁹⁵. Hervorzuheben sind seine Überlegungen zur geplanten Sohlentiefe und zu den seit der Bauzeit erfolgten topografischen Veränderungen. Als einer der Ersten führt er aus, dass »die Dämme durch Setzen und Abschleifen an ihrer ursprünglichen Höhe [...] verloren haben« müssen und die bauzeitliche Sohle deutlich tiefer gelegen haben dürfte, als heute im Gelände erkennbar. Ausgehend von dieser Annahme kommt er zu dem Ergebnis, »daß man einen Kanal mit einer Wasserspiegelbreite von 8–10 m hat herstellen wollen« – und erläutert dies mit einer aussagekräftigen Profilzeichnung (**Taf. 22, 1**). Faber äußert außerdem die Vermutung, dass sich die Breitenangabe von 300 Fuß in den sogenannten Einhardsannalen auf die ähnliche Entfernung der beiden Wallkronen bezieht, da »dieses Maß die technische Bedeutung der Arbeit mehr kennzeichnet, als eine Angabe der Breite der Grabensohle«²⁹⁶. Eine Hauptursache für das Scheitern des Baus sieht Faber im hohen Grundwasserstand, der in Verbindung mit dem Boden zwangsläufig zu Rutschungen führen musste. Dieser Überlegung lagen offenbar eigene Bohrungen und Beobachtungen beim Brunnenbau zugrunde²⁹⁷.

Unmittelbar nach Erscheinen von Fabers »Denkschrift« erfolgte durch den einflussreichen Kulturhistoriker **Otto Lauffer** der erste Aufruf, »mit dem Spaten in der Hand die Baureste des Kanals zu untersuchen« und die bisherigen Kenntnisse durch archäologische Forschungen zu erweitern, da »sich wohl nur dann noch neue Gesichtspunkte ergeben«²⁹⁸. Bemerkenswerterweise verbindet er die-

²⁸⁸ Redenbacher 1844, 59–60.

²⁸⁹ Vgl. dazu auch Beck 1911, 48.

²⁹⁰ Vgl. allgemein Beck 1911, 17–18. – Dazu exemplarisch auch Buchner 1818, 99.

²⁹¹ Vgl. Beck 1911, 12–21.

²⁹² Beck 1911, 21 mit Bezug auf Gottfried Zoepfl.

²⁹³ Beck 1911, 21–22. 70.

²⁹⁴ Beck 1911, 22–24. 70–75. – Seyler 1907, 20.

²⁹⁵ Faber 1903, 53 und Kartenbeilage.

²⁹⁶ Faber 1903, 53. – Dazu auch Beck 1911, 52.

²⁹⁷ So Beck 1911, 54.

²⁹⁸ Lauffer 1903, 264. – Zur Person www.deutsche-biographie.de/gnd116754354.html#ndbcontent (31.1.2019).

se Anregung zu archäologischen Forschungen am Karlsgraben mit einem allgemeinen Plädoyer dafür, »wie nötig es wäre, ein wissenschaftliches Institut für mittelalterliche Archäologie« mit fachkundigem Personal einzurichten und genauso zu fördern, wie es bei der klassischen Archäologie schon der Fall sei – damit mittelalterarchäologische Forschungen nicht mehr ausschließlich »bei passender Gelegenheit aus eigenem Antriebe« durchgeführt würden²⁹⁹.

Lauffers Aufruf folgte wenige Jahre später **Friedrich Beck**, der für seine wegweisende Studie nicht nur die bisherigen Forschungen, Schrift- und Bildquellen zusammengestellt hat, sondern in Zusammenarbeit mit dem Frankfurter Architekten Christian Ludwig Thomas und dem Würzburger Konservator Georg Hock auch Vermessungsarbeiten und mehrere archäologische Sondagen anregte (**Taf. 22, 2; 23, 1–2**)³⁰⁰. Auf die Bedeutung seiner historischen Grundlagenarbeit und seiner präzisen Beschreibungen des Bauwerkes wurde bereits mehrfach verwiesen. Deutlich weist Beck beispielsweise auf den Knick des Kanals nach Norden an der Straße Dettenheim–Grönhart hin, die weitere Fortsetzung Richtung Norden wurde von ihm und Thomas allerdings nicht erkannt³⁰¹. Zur Altmühl hin vermutete Beck einen Trassenverlauf am Nordrand der Aue in der Flur Espan, konnte diesen jedoch in mehrerer Sondagen nicht nachweisen (**Taf. 10, 2–3**) und vermutet daher, dass dieser technisch einfache Durchstich »zum Schlusse aufgespart« worden war³⁰². Auch einen möglichen Verlauf am Ostrand der Aue prüfte Beck mit einer Sondage, »ohne dass sich irgend ein Anhaltspunkt für frühere Kanalarbeiten ergeben« hätte (**Taf. 10, 4**)³⁰³. Von der Flussseite aus überprüfte Beck dieses Ergebnis, indem er von einem Kahn aus die Ufer auf mögliche Spuren eines Kanaleintrittes prospektierte³⁰⁴.

Eine weitere Sondage sollte die Kanalsohle im Zentralbereich des Bauwerkes verifizieren. Der

3,5 m tiefe Schnitt zwischen der Bahnlinie und dem wassergefüllten Kanalteil nördlich von Graben (**Taf. 10, 1; 23, 2**) reicht allerdings, anders als von Beck vermutet, bei Weitem nicht bis zur Sohle des Kanals³⁰⁵. Wichtig war jedoch der Nachweis, dass in der ehemaligen Baugrube mächtige zurückerodierte Verfüllschichten akkumuliert sind, in denen sich auch Holzreste erhalten haben. Zentral für die Beurteilung des Sedimentbudgets ist auch der von Beck erstmals publizierte Hinweis aus einem Dettenheimer Pfarrbuch, dass ab dem ausgehenden 18. Jahrhundert ein Viertel des Wallvolumens »rasiert« und für den Straßenbau abtransportiert wurde und auch im frühen 20. Jahrhundert die Wälle als Sandgrube Verwendung fanden³⁰⁶. Nach einer Intervention gelang es jedoch 1908, den weiteren Abbau zu unterbinden, um die Bausubstanz nicht weiter zu gefährden – mithin die früheste bekannte Denkmalschutzmaßnahme am Karlsgraben³⁰⁷.

Im Rahmen seiner Forschungen gab Beck auch ein hydrogeologisches Gutachten in Auftrag, dem erstmals präzise Informationen zu den Grundwasser- und Abflussverhältnissen zu entnehmen sind³⁰⁸. Als grundlegendes bautechnisches Problem erkannte er die zum Fließen neigenden wassergesättigten Sande und merkt an, dass die Schilderung der Versturzprozesse in den sogenannten Einhardssannalen durchaus plausibel erscheint³⁰⁹. Als mögliches Szenario stellt er zur Debatte, dass die Arbeiten bei trockenem Wetter begannen und zu einem späteren Zeitpunkt starke Regenfälle zu »Damm-schiebungen« führten, wie sie auch beim Eisenbahnbau belegt seien³¹⁰.

Basierend auf den Vermessungen von C. L. Thomas kommt Beck zu dem Schluss, dass bei einer Aushubtiefe von 11 m bis auf Altmühlniveau die Fahrrinne etwa 4,7 m breit gewesen sein dürfte. Als Wassertiefe hält er 50 cm für ausreichend und merkt an, dass diese Maße durch »eine Erweiterung« auch für die Rezat möglich gewesen wären³¹¹.

²⁹⁹ Lauffer 1903, 264.

³⁰⁰ Beck 1911. – Vgl. auch Berg-Hobohm 2014a, 3. – Zu Georg Hock und der Frühphase der archäologischen Denkmalpflege Koschik 1987, 35–36. – Exemplare der Pläne von C. L. Thomas befinden sich im Stadtarchiv Weißenburg, vgl. Stadtarchiv Weißenburg N/Sch, Nr. 116 Dokument 13 und 14.

³⁰¹ Beck 1911, 45–46. 79–80.

³⁰² Beck 1911, 81–82.

³⁰³ Beck 1911, 83.

³⁰⁴ Beck 1911, 83.

³⁰⁵ Beck 1911, 47. 56–57.

³⁰⁶ Beck 1911, 47–48.

³⁰⁷ Beck 1911, 48.

³⁰⁸ Beck 1911, 55.

³⁰⁹ Beck 1911, 56.

³¹⁰ Beck 1911, 57.

³¹¹ Beck 1911, 67–68.

Becks Arbeit entstand in einer Zeit, in der eine neue Großschiffahrtsstraße zwischen Rhein und Donau diskutiert und prospektiert wurde, die letztlich im Rhein-Main-Donau-Kanal ihre Vollendung fand. In diesem Kontext erfolgten ab 1901 im Raum Treuchtlingen Erkundungsbohrungen und ein eigener Kanalverein nahm seine Arbeit auf. Bei einer seiner Versammlungen wurden symbolträchtig Karpfen aus dem Karlsgraben verköstigt und Laienschauspieler präsentierten eine Zwiesprache zwischen Karl dem Großen und dem Treuchtlinger Bürgermeister – eine bemerkenswerte Facette der Rezeptionsgeschichte des Karlsgrabenbaus (**Taf. 27, 3**).

Forschung und Rezeption von 1990 bis 2009

Die Grundlagenarbeit von F. Beck blieb für die folgenden 100 Jahre maßgeblich für die Karlsgrabenforschung. Im Laufe des 20. Jahrhunderts erfolgten jedoch verschiedentlich Ergänzungen und Präzisierungen.

Bereits 1956 nahm das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege eine neue Vermessung vor³¹². Der 1962 von **Klaus Schwarz** publizierte Plan deutet durch eine langovale Depression eine Fortsetzung des Kanals nördlich der Straße Dettenheim–Grönhart an, die jedoch nicht als solche erkannt wurde³¹³.

In einer relativ wenig beachteten Studie aus dem Jahr 1958 hat sich zur selben Zeit der Erlanger Geologe **Friedrich Birzer** intensiv mit den geologischen und hydrologischen Rahmenbedingungen des Baus auseinandergesetzt³¹⁴. Angesichts der wassergesättigten Feinsande, die sich nur langsam trockenlegen lassen, hält er es für gesichert, dass »gleich zu Beginn« der Bauarbeiten eine Drainage »vom tiefstgelegenen Teil des Geländes her« erfolgt sein muss, die möglicherweise »zu späterer Erweiterung vor-

gesehen« war³¹⁵. Der erwünschte Effekt einer signifikanten Absenkung des Grundwassers dürfte aber nicht schnell genug eingetreten sein, »die feinkörnigen Sande flossen mit dem Grundwasser aus und der Graben versandete«. Als zusätzliches Problem sei zu berücksichtigen, dass das Grundwasser teilweise in gespannter Form aufgetreten sein dürfte und nach dem Durchstich toniger Schichten zusätzlich »Wasser hochdrückte und Schwimmsand in die Baugrube eintrat«³¹⁶. Trotz dieser Probleme sei das technische Vorgehen aber »kunstgerecht« gewesen, was sich u. a. an den größten Baugrubenbreiten im Bereich des potenziell tiefsten Einschnittes an der Wasserscheide zeige³¹⁷. Dennoch wäre für einen 12 m tiefen Einschnitt mit einem rekonstruierbaren Böschungswinkel von etwa 28° »bei der Art des Untergrundes nie die Standsicherheit der Böschungen gewährleistet« gewesen und auch eine doppelt so breite Baugrube mit der halben Böschungsneigung hätte dieses Problem nicht gelöst³¹⁸.

Für die Rezat vermutet Birzer zur Bauzeit eine stärkere Wasserführung und führt unter Berücksichtigung archäologischer Befunde aus, dass die Aue in römischer Zeit und im Frühmittelalter – im Gegensatz zur stabilen Oberfläche der Altmühlau – deutlich niedriger gelegen haben müsse³¹⁹. Erstmals liefert Birzer fundierte Hochrechnungen der Wallvolumina (60 000 m³) und gibt unter der Annahme einer maximal erreichten Aushubtiefe von 5 m ein Gesamtvolumen von mindestens 80 000 m³ an³²⁰. Ausgehend von diesen Zahlen liefert er eine Hochrechnung des Arbeitsaufwandes und kommt zu dem Ergebnis, dass bei einer Bauzeit von 100 Tagen zwischen 500 und 1000 Arbeiter notwendig gewesen wären, um die von ihm geschätzten 80 000 m³ zu bewegen³²¹. Das tatsächlich notwendige Aushubvolumen für eine Fertigstellung, das er bei einer Zieltiefe von 12 m und einem Durchstich auf einem Sohlniveau auf etwa 450 000 m³ schätzt, sei vermutlich zu

³¹² Vgl. Berg-Hobohm 2014a, 3.

³¹³ Schwarz 1962b, 26–30 Beilage 3. – Schwarz 1962a. – Vgl. auch Koch/Leininger 1993a, 13. – Koch 1993a, 8; 2002, 59.

³¹⁴ Birzer 1958. – Zur Person https://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Birzer (31.1.2019).

³¹⁵ Birzer 1958, 175.

³¹⁶ Birzer 1958, 175.

³¹⁷ Birzer 1958, 176.

³¹⁸ Birzer 1958, 176.

³¹⁹ Birzer 1958, 177.

³²⁰ Birzer 1958, 173.

³²¹ Birzer 1958, 174.

Beginn der Arbeiten nicht bekannt gewesen³²². Der Bau habe sich daher »bei den gegebenen Baugrundverhältnissen mit den Mitteln der damaligen Zeit nicht [...] verwirklichen lassen«³²³.

Ausgehend von seiner historischen Grundlagenarbeit für den 1960 publizierten Band Weißenburg-Gunzenhausen des Historischen Atlas von Bayern hat **Hanns Hubert Hofmann** sich intensiv mit dem Kanalbau auseinandergesetzt³²⁴. Sein Beitrag »Fossa Carolina. Versuch einer Zusammenschau« in dem großen Karls-Kompodium des Jahres 1965, der 1969 in erweiterter Form als Monografie erschien, markiert einen Meilenstein der schriftquellenbasierten Karlsgrabenforschung³²⁵. Eingangs bringt Hofmann die verschiedenen Überlieferungsstränge quellenkritisch in einen schlüssigen zeitlichen Zusammenhang und verweist auf verschiedene inhaltliche Details³²⁶. Davon ausgehend rekonstruiert er den »Hergang« der Ereignisse und ordnet den Bau in die Vorgänge der Jahre 792 und 793 ein. Er geht davon aus, dass die 792 begonnenen Pläne für einen Feldzug gegen die Awaren »noch nach Ostern 793« eingeleitet worden seien und erst danach aufgrund einer militärischen Niederlage in Norddeutschland verschoben wurden³²⁷.

Als Ziel vermutet Hofmann die »Überführung eines Teils des Heeres [und] seines Flußschiff- und Pionierparks für den nun notwendigen Krieg gegen die Sachsen« und verweist außerdem auf die Erleichterung von Getreidetransporten angesichts der überlieferten Hungersnot³²⁸. Er vermutet außerdem, dass »ein Großteil des schon für den Einsatz in Pannonien marschbereiten Heeres« an den Arbeiten beteiligt war und die mitgeführten Schiffe abschließend »auf der sandigen und teilweise schon unter Grundwasser stehenden Kanalstraße« über die Wasserscheide gezogen wurden³²⁹. In einer knappen Diskussion der technischen Rahmenbedingungen

äußert Hofmann sich berechtigterweise kritisch zu den Ergebnissen Becks hinsichtlich Verfüllstratigraphie und Hydrologie und betont die zahlreichen ungeklärten Fragen³³⁰. Er vermutet, dass der Bau abgebrochen wurde, bevor Schleusen oder andere Staueinrichtungen eingebaut wurden, und führt aus, dass eine Schiffbarmachung der Rezat vermutlich ohne größeren Aufwand möglich gewesen wäre³³¹. Die Behauptung, der unfertige Kanal wäre »auch weiterhin nutzbar« gewesen und Karl hätte »einen Kontrollposten königsfreier Wehrbauern« zurückgelassen, entbehrt dagegen jeder Grundlage³³².

Ein Kernbestandteil von Hofmanns Studie ist eine erste detaillierte Herleitung des Arbeitsaufwandes, der für den Kanalbau nötig war³³³. Er hat dabei richtig erkannt, dass dieser Bau durch die überlieferte Dauer der Bauarbeiten und das rekonstruierbare Bauvolumen methodisch einzigartige Möglichkeiten offeriert. Aus dem geschätzten Erdvolumen von 130 000 m³, einer durchschnittlichen Schaufelleistung von 0,3 m³ pro Stunde, der Berücksichtigung eines mehrfachen Umsetzens des Aushubes und einer Bauzeit von 55 Arbeitstagen errechnet der Autor für die Erdarbeiten eine Zahl von etwa 6000 Arbeitern plus weitere 1000–1500 Personen für Versorgung, Zimmermannsarbeiten etc.³³⁴. Er vermutet, dass dabei neben dem fränkischen Heer auch Kriegsgefangene und die Bevölkerung des Umlandes zum Einsatz kamen³³⁵. Als einer der ersten weist Hofmann in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der Bau in einer »keineswegs siedlungsarmen« Landschaft erfolgte, in der beträchtliche Ressourcen verfügbar waren – und vermutet, dass Karl mit seinem Hof im Königshof Weißenburg logierte, von wo aus auch die Versorgung und Logistik gesteuert wurde³³⁶. Abschließend entwirft Hofmann ein Modell der benötigten Nahrungsmittelversorgung und des Kalorienbedarfes der Arbeiter – ein durchaus

³²² Birzer 1958, 173.

³²³ Birzer 1958, 178.

³²⁴ Hofmann 1960, 19. 215.

³²⁵ Hofmann 1965; 1969.

³²⁶ Hofmann 1965, 437–438.

³²⁷ Hofmann 1965, 439.

³²⁸ Hofmann 1965, 439–440.

³²⁹ Hofmann 1965, 439–440.

³³⁰ Hofmann 1965, 441 Anm. 36.

³³¹ Hofmann 1965, 442–444.

³³² Hofmann 1965, 444. – Vgl. dazu u. a. Koch 2008, 278–279.

³³³ Hofmann 1965, 444–453.

³³⁴ Hofmann 1965, 446–447. 449.

³³⁵ Hofmann 1965, 447. – Die stark vom 2. Weltkrieg geprägte Wortwahl und Denkweise Hofmanns ist dabei kaum zu übersehen, vgl. etwa die »Zwangsarbeiter«, »Sicherungskräfte« etc.

³³⁶ Hofmann 1965, 448–449.

moderner energetischer Ansatz eines »Baustellen-Metabolismus«³³⁷.

Mit dem 1966 erschienenen Historischen Ortsnamenbuch des Land- und Stadtkreises Weißenburg in Bayern hat **Erich Straßner** eine wichtige Grundlage für die von Hofmann nur angerissene Analyse des Siedlungsumfeldes der Baustelle gelegt³³⁸. In diesem Zusammenhang korrigiert Straßner außerdem die zuvor kursierende Ansicht der karolingerzeitlichen Erstnennung des Ortes Graben, vermutet aber dennoch eine Entstehung »im Zuge der Bauarbeiten«³³⁹. Eine wichtige Ergänzung in westlicher Richtung bedeutet die Studie von **Dieter Kudorfer** zum Nördlinger Ries in der Karolingerzeit³⁴⁰. Kudorfer äußert darin u. a. die Vermutung, dass die Schenkungen Karls des Großen an Solnhofen (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen/DE) in einem kausalen Zusammenhang zum Bau des Karlsgrabens stehen³⁴¹.

Die internationale Wahrnehmung der Forschungen zum Karlsgraben bezeugen exemplarisch die Ausführungen **Albert C. Leightons** in seiner Überblicksarbeit zu Verkehr und Kommunikation im frühmittelalterlichen Europa – ohne jedoch den Kenntnisstand zu erweitern³⁴². Dies gelang jedoch wenige Jahre später dem rheinland-pfälzischen Archäologen **Josef Röder** in einem inhaltsreichen Aufsatz, der 1975 erstmals in knapper Form publiziert und posthum 1977 inhaltlich erweitert erneut erschien³⁴³. Erstmals hat Röder dafür systematisch entzerrte Luftbilder ausgewertet (**Taf. 28, 1**) und nördlich der Straße Dettenheim–Grönhart (**Taf. 8, C**) auf einer Länge von etwa 1000 m Bewuchsmerkmale eines »Grabens von rund 11,50 m Breite« erkannt³⁴⁴. Röder merkt an, dass die Zeitstellung unklar sei, hält eine Zugehörigkeit zum karolingischen Kanal bzw. einem »künstlichen Rezatbett« in seiner nördlichen Fortsetzung aber für

wahrscheinlich, da das »südliche Ende auf das Ostende des fossatum magnum« zielt³⁴⁵. Der Autor geht außerdem davon aus, dass die ohne wasserbauliche Maßnahmen südlich von Weißenburg nicht schiffbare Rezat »sicher schon vor der Kanalplanung bis hinauf in den Oberlauf ausgebaut« worden war, um die Landpassage über die Wasserscheide zu verkürzen³⁴⁶. Um dies zu untermauern, unternahm er auch hydrologische Abflussmessungen und kommt zu dem Ergebnis, dass aufgrund des Wassermangels der Rezat »nur die Möglichkeit einer torenlosen Weiherkette« als technisches Konzept für den Kanal infrage kommt³⁴⁷. Abschließend zieht Röder zu Recht die Ansicht Hofmanns in Zweifel, dass die Bauzeit des Kanals ausschließlich im Herbst 793 gesichert sei – und endet mit dem prägnanten Fazit: »Für das Unternehmen im Herbst 793 können beinahe beliebig hohe Bedarfsrechnungen für Arbeitskräfte aufgemacht werden. – Sie sind hinfällig, wenn das fossatum bei Karl d. Großen Ankunft schon im Bau war und möglicherweise im Jahre 792 bereits begonnen wurde«³⁴⁸.

Die von Hofmann erstmals angerissenen Überlegungen zum Hinterland und Siedlungsumfeld der Großbaustelle hat ab den 1970er-Jahren der historische Geograf **Friedrich Eigler** aufgegriffen und in zahlreichen Beiträgen ausgearbeitet. Seine grundlegenden Überlegungen hat er erstmals 1975 und 1976 in seinen Beiträgen »Weißenburgs überregionale Bedeutung zur Zeit Karls des Großen« sowie »Weißenburger Reichsforst und Pappenheimer Mark« formuliert³⁴⁹. Eiglers Methodik basiert neben der Analyse der Schriftquellen und Ortsnamen maßgeblich auf der Rückschreibung von Flur- und Siedlungsstrukturen auf Basis von Katasterkarten, archäologische Funde und Befunde werden punktuell ebenfalls herangezogen³⁵⁰. In den Folgejahren hat Eigler diese

337 Hofmann 1965, 449–451. – Zu modernen Ansätzen entsprechender Metabolismen vgl. exemplarisch Barles 2007. – Hoffmann 2007. – Preiser-Kapeller 26–28 June 2017. – Baccini/Brunner 2012. – McCurdy/Abrams 2018.

338 Straßner 1966.

339 Straßner 1966, 20–21. – Dazu auch Reitzenstein 2009, 85.

340 Kudorfer 1970.

341 Kudorfer 1970, 503 Anm. 124.

342 Leighton 1972, 128.

343 Röder 1975; 1977. – Zur Person www.pecht.info/texte/2006/20061130.html (8.2.2019).

344 Röder 1975, 280–282 Abb. 402. – Weitere Luftbildbefunde hat in den Folgejahren u. a. Josef Mang dokumentiert, vgl. Hüssen/Mang 1987, 84–85.

345 Röder 1975, 281.

346 Röder 1975, 281; 1977, 125.

347 Röder 1975, 281. 283.

348 Röder 1975, 283; 1977, 130.

349 Eigler 1975. – In erweiterter Form im Folgejahr erschienen als Eigler 1976.

350 Zum historisch-geografischen Methodenkanon zusammenfassend Schenk 2012.

initialen Arbeiten in mehreren Aufsätzen und Buchbeiträgen räumlich und thematisch ausgebaut und dabei immer wieder Bezüge zum Karlsgraben herstellt³⁵¹. Eine erste systematische Zusammenschau erfolgte 1993 in dem Beitrag »Weißenburg und sein Umland im Jahre 793«³⁵². Im klassischen Sinne einer Umfeldanalyse gliedert Eigler darin dieses Umland ausgehend vom Karlsgraben in radiale Zonen von jeweils 5 km bzw. einer »Wegstunde« und kommt zu dem Ergebnis, dass zur Bauzeit in diesem direkten Einzugsgebiet etwa 50 Orte bestanden haben, aus denen bis zu 2000 Arbeitskräfte herangezogen werden konnten³⁵³. Diese Arbeitskräftezahl basiert jedoch auf einer reinen Schätzung auf Basis eines »hohen Arbeitskräftebesatzes« der Höfe und nicht auf historischen Belegen zu tatsächlichen Hof- und Familiengrößen. Seine gesammelten Forschungen zur früh- und hochmittelalterlichen Besiedlung des Altmühl-Rezat-Rednitz-Raums hat Eigler im Jahr 2000 als Habilitationsschrift publiziert³⁵⁴. Darin eingeflossen sind auch die historisch-sprachgeschichtlichen Grundlagenarbeiten von **Robert Schuh**³⁵⁵.

Aspekte der neuzeitlichen Nachnutzung des Karlsgrabens im Zuge des Spanischen Erbfolgekrieges erläutert **Franz Willax** in seinen Arbeiten zur »Weißburger Linie«³⁵⁶. Die 1980er-Jahre sind gekennzeichnet durch eine breite Rezeption des Karlsgrabens in populärer Fachliteratur, insbesondere durch **Edwin Patzelt** und **Walter E. Keller**, aber auch international durch **Charles Hadfield**³⁵⁷. Inhaltlich neue Aspekte sind dabei jedoch kaum zu nennen. Neu ist eine 1984 durch **Klaus Goldmann** publizierte These, dass die bei Graben sichtbaren Baureste gar nichts mit dem in den karolingerzeitlichen Schrift-

quellen geschilderten Bau zu tun hätten, sondern sich auf einen »Altmühl-Damm« bei Bubenheim beziehen³⁵⁸. Goldmanns einseitige und bisweilen falsche Lesart der Schriftquellen und seine gesamte Argumentation entbehren allerdings jeder Nachvollziehbarkeit³⁵⁹.

In den 1987 erschienenen Führern zu archäologischen Denkmälern im Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen wurde der aktuelle Forschungsstand knapp von **Konrad Spindler** zusammengefasst³⁶⁰. Ausgehend von den nun bekannten Luftbildbefunden hatte sich zu diesem Zeitpunkt die Ansicht verfestigt, dass sich ein wesentlich längerer Abschnitt des Kanals im Bau befand als bis in die 1970er-Jahre vermutet³⁶¹. Auf Basis dieser Beiträge hat Spindler etwa 10 Jahre später einen größeren Aufsatz zum Karlsgraben verfasst, der jedoch vor allem in seinen hochspekulativen historischen Aussagen weit über das Ziel hinausschießt³⁶².

Zu nennen ist weiterhin die Diskussion des Kanals durch den Wasserbauspezialisten **Klaus Grewe**, der nicht nur den technischen Rahmen bespricht und auf offene Fragen hinweist, sondern als einer der Ersten eine mögliche Herkunft von Spezialisten aus Italien vorschlägt³⁶³. Etwa zeitgleich erschien das einflussreiche Überblickswerk »Dark age naval power« von **John Haywood**, in dem der Karlsgraben relativ breiten Raum einnimmt³⁶⁴. Zwar basiert die Diskussion des Bauwerkes im Wesentlichen auf der Vorarbeit Hofmanns, doch die reichhaltige Sammlung von Kontextinformationen zur militärischen Nutzung von Schiffen in der Karolingerzeit erweiterte die Perspektive auf das Bauwerk durchaus³⁶⁵. Unerlässlich für die Einordnung des Karlsgrabens

³⁵¹ Vgl. Eigler 1984, 39; 1990.

³⁵² Eigler 1993.

³⁵³ Eigler 1993, 20.

³⁵⁴ Eigler 2000, zum Karlsgraben darin 201-204.

³⁵⁵ Vgl. Schuh 1979; 1987; 1989; 1992.

³⁵⁶ Willax 1977; 1978.

³⁵⁷ Vgl. Patzelt 1982; 1984a; 1984b. – Keller 1984; Schnabel/Keller 1984; Hadfield 1986. – Später auch Keller 1993.

³⁵⁸ Goldmann 1984.

³⁵⁹ So insbesondere bezüglich der Übersetzung und Deutung der Begriffe »*aquaeductus*« und »*vallis*«, dem Ortsbezug zu Bubenheim, dem völligen Fehlen einer historischen Quellenkritik und der Berücksichtigung der Entstehungszeit der Texte, der grundlagenlosen Andeutung eines »Vorläuferbaus« und der Aussage »Da der Karlsgraben aber noch heute ein

oberirdisch erkennbares Bodendenkmal ist und sowohl Aushub wie Graben der ursprünglichen Form nahekommen, kann sich die Aussage der Urkunde [zum Bauwerk und dem Verstur von Aushub] nicht auf diesen Graben beziehen«. Vgl. Goldmann 1984, 215-217. – Zur Terminologie vgl. exemplarisch Hack 2014a, 56. – Elmshäuser 1992, 2-3.

³⁶⁰ Vgl. Spindler 1987. – Wichtige forschungsgeschichtliche Aspekte auch in Koschik 1987.

³⁶¹ Vgl. Spindler 1987, 74.

³⁶² Spindler 1998. – Dazu rezensionsartig und kritisch Hack 2014a, 57-58.

³⁶³ Vgl. Grewe 1987, 18-19; 1991.

³⁶⁴ Haywood 1991. – Reprint der erweiterten Neuauflage von 1999 Haywood 2006.

³⁶⁵ Vgl. Haywood 2006, 133-169, zum Karlsgraben direkt 144-149.

in den frühmittelalterlichen Kanalbau ist zudem die wegweisende Studie »Kanalbau und technische Wasserführung im frühen Mittelalter« von **Konrad Elmshäuser**³⁶⁶. Bedeutsam ist dabei nicht zuletzt die kritische Diskussion der frühmittelalterlichen Terminologie, aus deren Interpretation zuvor – exemplarisch sei auf Goldmann verwiesen – viele Fehldeutungen erwachsen waren³⁶⁷.

1993 wurde das 1200-Jahr-Jubiläum des Karlsgrabens vollzogen und es erschienen zahlreiche Publikationen unterschiedlichster Zielrichtung³⁶⁸. In diesem Zusammenhang erfolgte nicht nur die Einrichtung einer thematischen Ausstellung in Graben, sondern die archäologische Forschung erfuhr vielfältige neue Impulse³⁶⁹. Den Anfang bildete ein Aufsatz von **Robert Koch** aus dem Jahr 1990, in dem er systematisch den ausgesprochen spärlichen karolingerzeitlichen Fundniederschlag im Umfeld der *Fossa Carolina* zusammenstellt³⁷⁰. Auf Basis dieser dünnen archäologischen Quellenlage kommt er wenige Jahre später zu dem Schluss, »die Umgebung des Karlsgrabens war weitgehend Urlandschaft, lediglich bei Weißenburg mit seinem Königshof sowie bei Treuchtlingen und Dietfurt waren Ansiedlungen vorhanden«³⁷¹. In späteren Beiträgen wird diese Aussage relativiert und quellenkritisch eingeordnet³⁷².

Um den lückenhaften Forschungsstand zu verbessern, begann 1992 eine Arbeitsgruppe um R. Koch mit intensiven Geländearbeiten am Kanalbauwerk, die bereits 1993 in ersten zusammenfassenden Beiträgen unter Einbeziehung zahlreicher Gastautoren publiziert wurden³⁷³. In den Folgejahren gelang es R. Koch schrittweise, die Daten weiter auszuwerten, zu ergänzen und zu einem Gesamtbild zusammenzuführen, das für die folgenden 20 Jahre

den Forschungsstand markieren sollte³⁷⁴. Die Basis bildete 1992/1993 ein neues Feinnivellement durch **Hermann Kerscher**, durch das klare Indizien für eine Fortsetzung des Kanals nördlich der Straße Dettenheim–Grönhart (**Taf. 8, C**) zutage traten, die die seit J. Röder bekannten und seitdem sukzessive vermehrten Luftbildbefunde bestätigten³⁷⁵. Dadurch ergaben sich Anhaltspunkte für eine Gesamtlänge des Kanals von knapp 3000 m³⁷⁶. Den mehrfach abknickenden Trassenverlauf glaubte Koch mit Anpassungen an den geologischen Untergrund erklären zu können³⁷⁷.

Darauf aufbauend erfolgten 1992 in den Abschnitten A–C (**Taf. 8**) 15 ingenieurgeologische Kernbohrungen durch das Talsperren-Neubauamt Nürnberg, die erstmals stratigrafisch-sedimentologische Befunde zum Verlauf der Kanalsohle und zur Verfüllgeschichte erbrachten³⁷⁸. Dabei zeigte sich, dass die erreichte Aushubtiefe wesentlich größer ist als von Beck und allen nachfolgenden Autoren angenommen³⁷⁹. Koch verweist jedoch auch darauf, dass »feinkörniger, stark wasserhaltiger feiner Sand« unter den Torfschichten »eingeschwemmtes Aushubmaterial« darstellen könnte und das Niveau der Kanalsohle dementsprechend nicht überall sicher identifizierbar war³⁸⁰. Er vermutet außerdem, dass es angesichts der wenig standfesten Sande hölzerne Uferbefestigungen gegeben haben muss, an denen perspektivisch auch dendrochronologische Datierungen möglich sein könnten³⁸¹.

In der Grabenfüllung fanden sich unter jüngeren sandigen Sedimenten Torflagen, die sich in ruhigem Wasser gebildet haben müssen. Pollenanalytische Untersuchungen erbrachten darin Teichrosenpollen, die auf regelmäßige Überflutungen hindeuteten –

³⁶⁶ Elmshäuser 1992.

³⁶⁷ Elmshäuser 1992, 2–5.

³⁶⁸ Vgl. exemplarisch Eigler 1993. – Haas 1993. – Keller 1993. – Zu nennen ist dabei auch die pseudo-wissenschaftliche »Streitschrift« des Kunsthistorikers Wolf D. Pecher, der den Bau im Kern den Römern zuschreiben möchte; vgl. Pecher 1993. Dazu bereits kritisch Hack 2014a, 60.

³⁶⁹ Vgl. Koch 1993a; 1993c; 1996b; 2008, 266. – Koch/Leininger 1993b.

³⁷⁰ Koch 1990. – Ergänzungen erfolgten in verschiedenen Aufsätzen in den Folgejahren, vgl. exemplarisch Koch 1992; 1993b.

³⁷¹ Koch/Leininger 1993a, 11.

³⁷² Vgl. Koch 2008, 278.

³⁷³ Vgl. Koch 1993a; 1993c. – Koch/Leininger 1993b.

³⁷⁴ Vgl. Koch 1994; 1996b; 2000, XXX–XXXI; 2002; 2006a; 2008. – Küster 1994. – Grewe/Koch 1995. – Hilgart 1999. – Nadler u. a. 2000, XXVII–XXIX.

³⁷⁵ Vgl. Koch/Leininger 1993a, 13. – Koch 1993a, 9–15; 1993c; 2002, 60; 2008, 267–273.

³⁷⁶ Vgl. Koch 1993a, 15.

³⁷⁷ Vgl. Koch 1996b, 10.

³⁷⁸ Koch/Leininger 1993a, 13. – Koch 1993a, 17–21; 1996b, 7–8; 2002, 62; 2008, 268–270.

³⁷⁹ Vgl. Koch/Leininger 1993a, 13–14.

³⁸⁰ Koch 1993a, 18–19; 1996b, 8.

³⁸¹ Koch 1993a, 22; 2002, 62. – Koch 1996b, 9 verweist außerdem auf »mehrere Holzreste« im unteren Teil von Bohrung 5.

und als Indiz gewertet wurden, »daß das Werk sehr wohl Bestand hatte« und es nicht auszuschließen sei, dass es »zumindest in Teilen genutzt« wurde³⁸². Ergänzend wurden Baubeobachtungen im Altort von Graben mit möglichen Indizien für eine Kanalfortsetzung im Ortsbereich zusammengestellt³⁸³.

Die Bohrungen erbrachten außerdem das wichtige Ergebnis, dass mit 414,00 m (Bohrungen B6-B8) im nördlichen Kanalabschnitt (**Taf. 8, C**) die für einen Verbindungskanal auf einem einheitlichen Sohlniveau notwendige Sohltiefe nicht erreicht war³⁸⁴. Dieser Befund ergab erstmals einen konkreten Anhaltspunkt am Bauwerk selbst, dass der Kanal entweder nicht fertig gestellt oder als an- und absteigende Kette von Kanalsegmenten auf unterschiedlichem Höhenniveau ausgeführt wurde³⁸⁵. Als Höhenniveau der Scheitelhaltung werden 414,00 m üNN vorgeschlagen und Koch diskutiert eine mögliche Wasserzuleitung von Schambach, Rezat, Kühlenbach und weiteren westlichen Zuflüssen³⁸⁶. Die vermutete Fortsetzung des Kanals im nördlichsten Abschnitt D (**Taf. 8**), für die bereits Luftbildbefunde vorlagen, konnte von R. Koch noch nicht durch Bohrungen verifiziert werden und auch in anderen Fragen wird auf die Notwendigkeit weiterer (geo-)archäologischer Untersuchungen verwiesen³⁸⁷. Im Hinblick auf das südliche Ende des Kanals äußerte R. Koch 1996 die Vermutung, der Altmühlanschluss sei möglicherweise »gar nicht so schwierig« gewesen, »wenn z. B. am Ostrand der Talaue [...] im frühen Mittelalter ein Altwasserarm der Altmühl existierte«³⁸⁸.

Im Laufe seiner Forschungen kam R. Koch schließlich zu dem Ergebnis, der Kanal sei »zu einem voll funktionstüchtigen Betriebssystem ausgebaut« gewesen³⁸⁹. Entscheidend dafür war, dass er ab 1998 glaubte, eine Lösung für die Wasserversorgung in Form eines Staudammes und zugehörigen

Stauweihers zwischen Dettenheim und dem Karlsgraben (**Taf. 8, E**) gefunden zu haben³⁹⁰. Er vermutete, dass die Rezat bereits in der Karolingerzeit künstlich an den Knickpunkt des Karlsgrabens zwischen den Abschnitten B und C (**Taf. 8**) geleitet wurde und diese Zuleitung in funktionalem Zusammenhang mit Staueinrichtungen steht. Diese Staueinrichtungen sah er in dem breiten Damm, auf dem die Straße Dettenheim–Grönhart verläuft, und vermutete einen südlich vorgelagerten Weiher in einer Geländesenke (**Taf. 8, E**). Bohrungen durch M. Hilgart bestätigten den anthropogenen Charakter des Dammes, erbrachten jedoch keine Indizien für eine Wasserhaltung im vermuteten Stausee³⁹¹. Da die von Koch geplanten absolutchronologischen Datierungen nicht realisiert werden konnten und eine genauere stratigrafische Gliederung der sedimentologischen und archäobotanischen Befunde fehlte, blieb eine Gleichzeitigkeit der beobachteten Befunde am Kanal und den vermuteten Staueinrichtungen letztlich hypothetisch.

Parallel zu den intensiven archäologischen Forschungen Kochs erschienen in der zweiten Hälfte der 1990er und in den frühen 2000er-Jahren diverse kürzere Betrachtungen des Karlsgrabens, die jedoch nur punktuell über eine Rezeption des Bekannten hinausgehen³⁹². Hervorzuheben ist **Ralf Molkenthins** Beitrag »Die Fossa Carolina« aus dem Jahr 1998, der den Kern seiner späteren Dissertation zur Binnenschifffahrt im Frühmittelalter bildet³⁹³. Molkenthin spricht sich in seiner Diskussion der Schriftquellen dafür aus, dass Karl der Große »den Kanalbau schon im Jahr 792 befohlen habe« – und hält es R. Koch und K. Spindler folgend für wahrscheinlich, dass der Kanal zumindest einige Jahre in Betrieb war³⁹⁴.

Eine völlig neue Perspektive liefert ein Beitrag von **Paolo Squatriti** aus dem Jahr 2002, der weniger die technischen und funktionalen Aspekte als vielmehr den symbolischen Charakter des Kanals betont

³⁸² Vgl. Küster 1994. – Koch/Leininger 1993a, 15. – Koch 1993a, 9–21; 1996b, 9. 11.

³⁸³ Vgl. Koch 1993a, 9; 1996b, 6; 2008, 268.

³⁸⁴ Vgl. Koch/Leininger 1993a, 14.

³⁸⁵ Vgl. Koch/Leininger 1993a, 13–15. – Koch 1996b, 9; 2002, 64.

³⁸⁶ Koch/Leininger 1993a, 15. – Koch 1993a, 20; 1996b, 9; 2002, 66.

³⁸⁷ Vgl. Koch/Leininger 1993a, 14–15. – Koch 1996b, 6–7.

³⁸⁸ Koch 1996b, 6.

³⁸⁹ Vgl. Koch 2000, XXXI; 2002, 67; 2008, 277.

³⁹⁰ Vgl. Koch 2000, XXXI; 2002, 65–67; 2008, 273–277.

³⁹¹ Vgl. Koch 2002, 66. – Hilgart 1999.

³⁹² Vgl. Schnetzler 1995. – Sidaway u. a. 1995, 10–11. – Rümelin 1998. – Strobl 1999. – Hausen 2000. – Bachrach 2001, 137–138. – McCormick 2010, 399–401. – Ehlers 2003, 60.

³⁹³ Molkenthin 1998; 2006, 54–80. – Kritisch dazu Lohrmann 2007. – Hack 2014a, 53.

³⁹⁴ Molkenthin 2006, 67. 71. 77.

und mit anderen großen Erdbauwerken kontextualisiert³⁹⁵. Als wegweisende Arbeiten für die überregionale Einordnung des Karlsgrabens sind schließlich ein Sammelband zu Schleppstrecken/*portages* aus dem Jahr 2006 unter Federführung von **Christher Westerdahl** und ein Überblicksaufsatz zum frühen Kanalbau aus dem Jahr 2007 aus der Feder von **James Bond** zu nennen³⁹⁶. Zu ergänzen ist eine Zusammenstellung von Kanalbauten der Karolingerzeit durch **Thomas Kind**³⁹⁷. Ausgehend von seinen Forschungen zu frühmittelalterlichen Burgen und den älteren Ausführungen zu einer rekonstruierten Kette von Königshöfen entlang von Rezat und Regnitz hat sich **Peter Ettel** ab 2007 mit der Sicherung und herrschaftlichen Durchdringung der Wasserwege beiderseits des Karlsgrabens auseinandergesetzt³⁹⁸.

Forschung und Rezeption seit 2009

In den späten 2000er-Jahren ist eine vielfältige lokale, regionale und internationale Rezeption der Karlsgraben-Thematik zu verzeichnen, wobei im Wesentlichen der Forschungsstand der 1990er-Jahre wiedergegeben wird³⁹⁹. Die Initialzündung zur Wiederaufnahme der (geo-)archäologischen Erforschung des Karlsgrabens erfolgte 2007–2009 und geht auf **S. Berg** (früher Berg-Hobohm) und **Ch. Zielhofer** zurück.

Anlässlich der Planungen für den Bau einer Umgehungsstraße um den Ort Dettenheim veranlasste S. Berg umfangreiche geoarchäologische Bohrprospektionen, die besonders den Bereich des von R. Koch vermuteten Dammes und Stauweiher (Taf. 8, E) betrafen⁴⁰⁰. Die Stauweiher-Theorie von R. Koch konnte dabei durch **Britta Kopecky-Hermanns** nicht bestätigt werden. Es zeigte sich, dass im vermuteten Weiher jegliche Anhaltspunkte für stehendes Wasser fehlen – und die ältesten Dammschichten frühestens

in die zweite Hälfte des 12. Jahrhunderts datieren, der Bau also nicht karolingerzeitlich sein kann⁴⁰¹.

Parallel zu diesen bauvorgreifenden Untersuchungen erfolgten 2007 und 2010 durch die Arbeitsgruppe um **Ch. Zielhofer** und **E. Leitholdt** im Kanal selbst Rammkernbohrungen mit umfangreichen sedimentologischen Analysen und ¹⁴C-Datierungen⁴⁰². Die Datierungen belegen eine chronostratigrafisch sauber gegliederte Grabenverfüllung, die im ältesten Teil in die Karolingerzeit datiert. Damit lagen erstmals überhaupt eindeutige naturwissenschaftliche Altersbestimmungen für das Bauwerk vor. Darüber hinaus zeigte sich, dass die von R. Koch als Indiz für eine frühmittelalterliche Wasserführung angeführte Torflage zumindest in den erbohrten Bereichen erst im Hochmittelalter entstanden ist⁴⁰³.

Diese neuen Befunde bildeten den Startpunkt des **Forschungsprojektes »Fossa Carolina«**, das ab 2012 im Schwerpunktprogramm 1630 »Häfen« von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert wurde⁴⁰⁴. Neben S. Berg, Ch. Zielhofer und E. Leitholdt waren dabei neben dem Verfasser anfangs vor allem P. Ettel und Sven Linzen involviert. In den Jahren 2012–2014 erfolgten intensive archäologische, geoarchäologische und geophysikalische Arbeiten, darunter 2013 eine erste moderne archäologische Ausgrabung am Kanal selbst.

Als sich 2014 der Tod Karls des Großen zum 1200. Mal jährte, war dies der Anlass für eine erste Zwischenbilanz der neuen Forschungen in Form einer Ausstellung mit Begleitband⁴⁰⁵. Hervorzuheben sind dabei die in diesem Zuge erstmals publizierten Erkenntnisse zur Landschaftsgeschichte der Altmühlau und zum Südanchluss des Kanals, zum Trassenverlauf in der Geomagnetik, zur dendrochronologischen Datierung des Bauwerkes und den hölzernen Uferbefestigungen sowie zur Neuinterpretation der Schriftquellen⁴⁰⁶.

³⁹⁵ Squatriti 2002.

³⁹⁶ Westerdahl 2006a. – Darin auch Koch 2006b. – Bond 2007.

³⁹⁷ Kind 2007, 398–399.

³⁹⁸ Vgl. exemplarisch Ettel 2007; 2008a; 2011.

³⁹⁹ Vgl. exemplarisch Andreoli 2008, 443; 2010. – Hoffmann 2010, 170. – Volk 2012. – Trögl 2012. – Neue Perspektiven liefert ausgehend von den *Annales Guelferbytan* Garipzanov 2010.

⁴⁰⁰ Dazu Berg-Hobohm/Kopecky-Hermanns 2012; 2014. – Leitholdt u. a. 2012, 91–102.

⁴⁰¹ Berg-Hobohm/Kopecky-Hermanns 2012, 412–417; 2014.

⁴⁰² Vgl. Leitholdt u. a. 2012, 95–102.

⁴⁰³ Leitholdt u. a. 2012, 96–102; 2014b. – Zielhofer/Leitholdt 2013.

⁴⁰⁴ Vgl. www.spp-haefen.de/de/die-projekte/fossa-carolina/ (11.2.2019). – <http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/219420062> (11.2.2019).

⁴⁰⁵ Vgl. Ettel u. a. 2014. – Kimmel/Mangelsen 2018.

⁴⁰⁶ Vgl. exemplarisch Hack 2014a. – Feiner/Werther 2014. – Werther/Herzig 2014a. – Linzen/Schneider 2014. – Zielhofer/Kirchner 2014.

Im Zuge der Jubiläumsfeiern 2014 haben sich unabhängig davon verschiedene Historiker mit der Person Karls des Großen auseinandergesetzt und dabei auch den Karlsgrabenbau thematisiert⁴⁰⁷. Im gleichen Jahr konnte außerdem E. Leitholdt ihre Doktorarbeit zur geoarchäologisch-sedimentologischen »Rekonstruktion der Kanalanlage und deren Sedimentationsgeschichte vom Frühmittelalter bis heute« vorlegen⁴⁰⁸.

Viele der 2014 im Begleitband der Ausstellung knapp umrissenen Themen wurden in den Folgejahren ausführlicher aufbereitet und in Form von Aufsätzen, Beiträgen in Sammelbänden und Abschlussarbeiten publiziert. Im Bereich der Geophysik hat sich dabei das Team um S. Linzen (IPHT Jena) vor allem um die magnetische und elektromagnetische Prospektion bemüht, das Team um D. Wilken (Universität Kiel) um Seismik, Bodenradar und elektrische Widerstandsmessungen⁴⁰⁹. Weitere geophysikalische Untersuchungen erfolgten durch A. Stele und J. Fassbinder sowie ein Team der Firma Eastern Atlas⁴¹⁰. Ergänzend erfolgte eine systematische Bearbeitung der unzähligen Luftbilder des Kanals⁴¹¹.

Durch eine separate Förderung der DFG konnte sich ein eigener Forschungsschwerpunkt im Bereich der Anwendung des Direct-Push-Verfahrens bei der hochauflösenden optischen und elektrischen Prospektion der Baugrube des Kanals herausbilden⁴¹². Maßgeblich beteiligt waren dabei neben Ch. Zielhofer und S. Berg u. a. Jörg Hausmann, Peter Dietrich und Ulrike Werban (UFZ Leipzig) sowie J. Völlmer (Universität Leipzig).

Eine interdisziplinäre Detailstudie der Altmühlau konnte zeigen, dass sich diese seit dem Neolithikum kaum verändert hat und keinerlei Hinweise

auf einen Kanalbau zwischem dem Ort Graben und dem Flussbett vorliegen (**Taf. 8, F**)⁴¹³. In verschiedenen Aufsätzen gelang es außerdem, Stratigrafie und Chronologie der Verfüllschichten weiter aufzulösen und neue Facetten des Baukonzeptes herauszuarbeiten⁴¹⁴. Zusammen mit der Rekonstruktion der topografischen und hydrologischen Verhältnisse vor dem Kanalbau wurden damit die Voraussetzungen geschaffen, um die bewegten Erdvolumina präzise zu berechnen⁴¹⁵.

Ausgewählte Befunde und Funde der archäologischen Grabung 2013 wurden sukzessive weiter aufgearbeitet und publiziert, ein Hauptfokus lag dabei auf den dendroarchäologischen Analysen der Holzreste durch F. Herzig (BLfD)⁴¹⁶. Ergänzend gelang es, die archäologischen und historischen Quellen zur frühmittelalterlichen Schifffahrt auf den anbindenden Gewässern systematisch zusammenzustellen und auszuwerten, wobei u. a. Methoden der Netzwerkanalyse zum Einsatz kamen⁴¹⁷.

Unabhängig, aber inspiriert von den Forschungen im Rahmen des Schwerpunktprogrammes 1630 haben sich J. Nelson und I. Garipzanov ab 2015 in verschiedenen Beiträgen erneut mit ausgewählten zeitgenössischen Schriftquellen auseinandergesetzt. 2018 gelang es, diese Forschungen zusammenzuführen und gemeinsam neue Facetten herauszuarbeiten⁴¹⁸.

Viele Ergebnisse der Forschungen seit 2012 sind in diese Arbeit eingeflossen. Ziel der folgenden Ausführungen ist allerdings nicht eine vollständige Diskussion und Vorlage aller Teilfacetten, sondern ein Überblick über grundlegende Erkenntnisse, die dann im Kontext der archäologischen Funde und Befunde sowie der schriftlichen und bildlichen Überlieferung diskutiert werden sollen.

407 Vgl. exemplarisch Fried 2013. – Patzold 2013. – Ehlers 2014. – Szabó 2014. – Hartmann/Hartmann 2014, 137.

408 Leitholdt 2014. – publiziert zwei Jahre später als Leitholdt 2016.

409 Vgl. Berg-Hobohm u. a. 2014. – Linzen 2015. – Linzen u. a. 2017. – Köhn u. a. 2019. – Kirchner u. a. 2018.

410 Berg-Hobohm u. a. 2014. – Stele 2017. – Meyer/Zöllner 4.2.2014.

411 Vgl. Globig 2014. – Bearbeitet wurden neben den Bildern in den Beständen des BLfD ausgewählte Aufnahmen der Luftbildsammlungen von J. Mang und R. Haager. – Ein Dank gilt dabei auch Michael Doneus, der 2013/2014 wertvolle methodische Hilfestellungen geleistet hat.

412 Hausmann u. a. 2018. – Völlmer u. a. 2018a; 2018b; 2021.

413 Kirchner u. a. 2018.

414 Leitholdt u. a. 2014b. – Zielhofer u. a. 2014.

415 Schmidt u. a. 2018; 2020. – Muigg u. a. 2020.

416 Werther/Herzig 2014b. – Werther u. a. 2015. – Werther 2016; 2017. – Daim u. a. 2018. – Baunack 2018. – Berg/Reich 2018.

417 Vgl. Kröger/Werther 2017. – Werther/Kröger 2017. – Preiser-Kapeller/Werther 2018.

418 Vgl. Nelson 2015; 2020. – Garipzanov 2016. – Eine erste Zusammenschau erfolgte 2018 in der Session »Waterways in the Age of Charlemagne« auf dem International Medieval Congress in Leeds. I. Garipzanov sprach dort über »Waterways and Royal Power in the Age of Charlemagne«, Jinty Nelson über »Charlemagne's 792/793 Canal Project: Craft, Nature, and Memory« und Verf. über »Chronology, Chronological Memory, and the Setting of Charlemagne's Canal Project«. – Vgl. dazu Werther u. a. 2020.

Methodenübersicht

Im Rahmen der Forschungen von 2012–2019 und als Basis der vorliegenden Arbeit kam ein großes Spektrum an Feld- und Labormethoden zum Einsatz. Im folgenden Kapitel soll ein kurzer Überblick über die wichtigsten dieser Methoden gegeben werden.

Vermessung

Die Lage- und Höhenvermessung aller Geländearbeiten beruht auf einem hochgenauen Polygonnetz im Gauss-Krüger-System, das 2013 durch das Ingenieurbüro Christofori (Rosstal) mit 55 Festpunkten im gesamten Arbeitsgebiet vermarktet wurde. Diese Festpunkte dienten als Standorte für die Basisstationen von differentialen GPS-Systemen, deren Korrektursignale eine Messgenauigkeit von 1–2 cm in der Horizontalen und in der Vertikalen gewährleisten⁴¹⁹. Vor allem für die Feldbegehungen kam außerdem ein Leica Viva GNSS-DGPS mit SmartNet-Korrekturdienst zum Einsatz, das eine vergleichbare Genauigkeit erreicht. Für die Grabungen erfolgte die Höhenvermessung zusätzlich ausgehend von den Festpunkten des Polygonnetzes mit analogen Nivelliergeräten.

GIS, LiDAR-Scans und Altkarten

Sämtliche Verarbeitungsprozesse räumlicher Daten wurden vom Verfasser mit dem Programmpaket ArcGIS 10 durchgeführt. Für topografische Analysen und die Prospektion von möglichen Bestandteilen des Kanals kamen amtliche LiDAR-Daten mit einer räumlichen Auflösung von 1 m (DGM 1) zum Einsatz⁴²⁰. Zusätzlich standen für Teilgebiete aus einer Befliegung der Firma Arctron LiDAR-Daten

mit einer höheren räumlichen Auflösung von 0,5 m zur Verfügung⁴²¹. Die DGM-Rohdaten wurden in ArcGIS 10 prozessiert und ausgewertet⁴²². Gleiches gilt für den um 1820 entstandenen und amtlich georeferenzierten Urkataster im Maßstab von 1:5000⁴²³. Ausgewählte handgezeichnete Altkarten des 16. bis 18. Jahrhunderts (Taf. 11, 3; 12, 2; 14, 2; 18, 2; 20, 3) wurden mithilfe von Passpunkten entzerrt, um räumliche Bezüge zwischen einzelnen Objekten klarer identifizieren zu können. Erhebliche Verzerrungen und Lagefehler waren jedoch in den meisten Fällen unvermeidbar, sodass eine direkte Verschneidung mit anderen Geodaten kaum möglich war.

Luftbildarchäologie

Für eine systematische luftbildarchäologische Prospektion von Kanal und näherem Umfeld wurden 2013 über 200 Luftbilder aus den Archiven des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege sowie der ehrenamtlichen Luftbildarchäologen Josef Mang (Weißenburg) und Rudolf Haager (Eichstätt) digitalisiert. Nach einer Vorauswahl wurden durch Paul Globig unter Anleitung des Verfassers im Rahmen einer Bachelorarbeit 41 Luftbilder georeferenziert und ausgewertet⁴²⁴. Die Georeferenzierung erfolgte händisch mithilfe eindeutig identifizierbarer Passpunkte in ArcGIS 10, als Basis dienten die Digitale Flurkarte und amtliche georeferenzierte Orthofotos (Aufnahmedatum 2011) mit einer Bodenauflösung von 20 cm⁴²⁵. Durchschnittlich konnte ein Lagefehler (RMS-Error) von 1,08 m erreicht werden⁴²⁶. Die Kartierung aller Luftbildbefunde erfolgte bildweise, beschreibende Attributdaten zu jeder Geometrie wurden als Text in einer Geodatenbank hinterlegt⁴²⁷.

⁴¹⁹ Vgl. Leitholdt u. a. 2014a, 19. – Linzen/Schneider 2014, 30. – Es kamen unterschiedliche Systeme der Hersteller Trimble und Topcon zum Einsatz.

⁴²⁰ Vgl. www.ldbv.bayern.de/produkte/3dprodukte/gelaende.html (11.2.2019).

⁴²¹ Vgl. Berg-Hobohm/Kopecky-Hermanns 2012, 403–407.

⁴²² Zu den Details vgl. Kirchner u. a. 2018, 4.

⁴²³ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 4. – www.ldbv.bayern.de/produkte/historisch/hist-flurkarten.html (11.2.2019).

⁴²⁴ Globig 2014.

⁴²⁵ Vgl. www.ldbv.bayern.de/produkte/luftbild/orthophotos.html (11.2.2019). – www.ldbv.bayern.de/produkte/kataster/flurkarte.html (11.2.2019).

⁴²⁶ Vgl. Globig 2014, 20. – Kirchner u. a. 2018, 4.

⁴²⁷ Vgl. Globig 2014, 20–21. – Kirchner u. a. 2018, 4.

Geophysik

Für die magnetische Prospektion von Kanal und Kanalumfeld kamen verschiedene Messsysteme zum Einsatz. Die großflächige Magnetik mit dem Ziel der Lokalisierung der Kanaltrasse und der Detektierung möglicher Begleitstrukturen erfolgte mit einem hochauflösenden motorisierten SQUID-System des IPHT Jena (**Taf. 38, 1; 65**)⁴²⁸. Insgesamt wurden damit weit über 120 ha prospektiert und in Magnetogramme umgesetzt, für diese Arbeiten zeichnen S. Linzen und Michael Schneider verantwortlich⁴²⁹. Die Messung aller Komponenten des Magnetfeldes mithilfe mehrerer unterschiedlich positionierter Gradiometer erlaubt eine magnetische Inversion zur Rekonstruktion von Tiefenlage, Ausdehnung und Form einzelner Anomalien⁴³⁰. Kleinflächig kamen vor allem im West-Ost-Bereich (**Taf. 8, B**) außerdem Cäsium-Magnetometer und Förstersonden/Fluxgate-Magnetometer zum Einsatz, um organische Verfüllschichten zu lokalisieren und davon ausgehend Bohrpunkte optimal zu positionieren⁴³¹. Diese Messungen wurden durch A. Stele, Jens Busmann und J. Fassbinder umgesetzt.

Für elektrische Tomografien im Längs- und Querverlauf des Kanals kamen Multi-Elektroden-systeme in verschiedenen Messkonfigurationen zum Einsatz⁴³². Die hohe Wassersättigung des Untergrundes schränkt die Nutzbarkeit dieser Methode jedoch erheblich ein⁴³³. Gleiches gilt für den Einsatz des Bodenradar (GPR), das vor allem in den tiefer ausgehobenen Bereichen der Kanaltrasse zu geringe Eindringtiefen aufweist, um die Sohle aufzulösen⁴³⁴. Alternativ wurde daher mit Refraktionsseismik gearbeitet, um die Kanal-Geometrie und verschiedene stratigrafische Einheiten tiefengenau zu prospektieren⁴³⁵. Die genannten linearen Messverfahren wurden maßgeblich durch D. Wilken, T. Wunderlich und A. Fediuk implementiert.

Feldbegehungen

Als Basis für die Rekonstruktion der Landnutzung im direkten Kanalumfeld und die Lokalisierung möglicher Hinterlassenschaften der Arbeiter erfolgten zwischen 2013 und 2015 umfangreiche Feldbegehungen⁴³⁶. Die Begehungsflächen mit einem Umfang von deutlich über 100 ha verteilen sich in einem Streifen von 500 m beiderseits des Karlsgrabens. Das Flächenmosaik ist der teilweise eingeschränkten Zugänglichkeit geschuldet. Durch die Begehung von 2 m breiten Streifen im Abstand von 8 m wurden jeweils 25 % der Feldoberflächen systematisch abgesucht. Erfasst wurden dabei Artefakte jeglicher Art und Zeitstellung, auf den Äckern fand also keine Vorselektion des Fundmaterials statt. Die Einmessung jedes Fundpunktes erfolgte zentimetergenau mithilfe eines DGPS. An jedem Fundpunkt wurden Objekte aus dem Umkreis von etwa 1 m in einer Tüte zusammengefasst und gemeinsam eingemessen⁴³⁷. Das Gesamtinventar umfasst 15000 Fundtüten mit insgesamt 27110 Einzelobjekten, die alle mit technologischen, typologischen und chronologischen Informationen in eine ACCESS-Datenbank aufgenommen und anschließend im GIS mit den jeweiligen Messpunkten verknüpft wurden⁴³⁸. Eine vollständige Analyse und Vorlage dieses Materialcorpus hätte den Rahmen dieser Arbeit bei Weitem gesprengt und soll an anderer Stelle erfolgen. Die Diskussion muss daher auf ausgewählte Aspekte beschränkt werden.

Geoarchäologie

Die geoarchäologischen Untersuchungen am Karlsgraben basieren vor allem auf weit über 100 Rammkernbohrungen, die durch die Arbeitsgruppe um Ch. Zielhofer in allen Teilen des Kanals niederge-

⁴²⁸ Dazu Linzen/Schneider 2014. – Linzen u. a. 2017. – Kirchner u. a. 2018.

⁴²⁹ Vgl. Linzen u. a. 2017.

⁴³⁰ Vgl. Linzen u. a. 2017, 145. – Schneider u. a. 2014.

⁴³¹ Vgl. Linzen/Schneider 2014, 29. – Zielhofer u. a. 2014, Abb. 7. – Leitholdt u. a. 2014a, 20. – Leitholdt 2016, 311–313. – Stele 2017, 74–76.

⁴³² Vgl. Kirchner u. a. 2018, 4–5. – Meyer/Zöllner 4.2.2014.

⁴³³ Vgl. Wilken/Wunderlich 2014.

⁴³⁴ Vgl. Wilken/Wunderlich 2014. – Kirchner u. a. 2018, 5.

⁴³⁵ Vgl. Wilken/Wunderlich 2014. – Kirchner u. a. 2018, 5. – Köhn u. a. 2019.

⁴³⁶ Vgl. Werther 2014b. – Ruchte u. a. 2015.

⁴³⁷ Der vorangehende Absatz basiert auf Ruchte u. a. 2015.

⁴³⁸ Maßgeblich an der Fundaufnahme beteiligt waren die studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräfte A. Jerosch, J. Koehler, T. Ruchte und L. Schulz. Ihnen gilt der herzliche Dank des Verf.

bracht wurden⁴³⁹. In der Altmühlaue und als punktuelle Ergänzung zu Rammkernbohrungen kamen außerdem Edelmann- und Pürckhauer-Bohrstöcke zum Einsatz⁴⁴⁰. Die Bohrkerne und auch alle archäologischen Befunde der Grabungen wurden im Feld auf Basis der bodenkundlichen Kartieranleitung beschrieben und für nachfolgende Analysen beprobt⁴⁴¹. Im Sedimentlabor der Universität Leipzig erfolgte unter Leitung von B. Schneider an den entnommenen Proben standardmäßig eine Korngrößenanalyse und eine Bestimmung der Gehalte an organischer Substanz, zusätzlich wurden die organischen Lagen in Torfe und Faulschlämme mit unterschiedlichem Zersetzungsgrad klassifiziert⁴⁴².

Auf dieser Basis erfolgten die Zuordnung zu bestimmten Faziestypen und die Bestimmung der jeweiligen Sedimentationsbedingungen bzw. Transportprozesse. Die fluviale Fazies wird durch eine bimodale Korngrößenverteilung mit Maxima im Mittelsand, Feinsand und Feinton charakterisiert und kann auf Transportprozesse in einem Fließgewässer zurückgeführt werden⁴⁴³. Die limnische Fazies weist eine bimodale Korngrößenverteilung mit Maxima im Mittelschluff, Feinschluff und Feinton auf, die für Suspensionsfracht in stehenden Gewässern charakteristisch ist⁴⁴⁴. Für ¹⁴C-Datierungen und botanische Analysen wurden systematisch botanische Makroreste (Samen, Holzreste und Holzkohlen) entnommen.

Archäologische Grabungen

Für die archäologischen Grabungen 2013 und 2016 zeichnet der Verfasser verantwortlich. Die Einmessungen der lokalen Grabungsmessnetze erfolgte mithilfe eines Topcon HiPer II-DGPS mit Basisstation, die auf den bereits beschriebenen hochpräzisen Festpunkten stationiert wurde⁴⁴⁵. Die Lagegenauigkeit der lokalen Messnetze wurde mehrfach geprüft

und betrug horizontal und vertikal unter 2 cm⁴⁴⁶. Alle Nivellements innerhalb der Grabungsschnitte erfolgten mit einem geeichten analogen Nivelliergerät.

Pro Schnitt sind zwei bis vier Hauptprofile und sieben bis acht Plana dokumentiert, zusätzliche Zwischenprofile dienten der Erfassung besonderer Befundsituationen. Die Dokumentation aller Plana und Profile basiert primär auf maßstabsgerechten kolorierten Handzeichnungen, die im Nachgang digitalisiert wurden. Der Abtrag erfolgte, abgesehen vom Pflughorizont in Schnitt 2 und 3, durchweg per Hand nach natürlichen Schichten.

Die Feuchtbodenbedingungen und Grabungstiefen erforderten besondere grabungstechnische Maßnahmen. Das einströmende Grundwasser wurde mithilfe von Drainagegräben in der Grabungsfläche kanalisiert, in Pumpenlöchern gesammelt und mit Schmutzwasserpumpen in die Rezat bzw. in nahe gelegene Drainagegräben abgeführt. In Schnitt 2 und 3 war eine statische Sicherung durch einen Verbau notwendig, was in Einzelfällen Einschränkungen bei der Dokumentation der Hauptprofile nach sich zog (**Taf. 49; 51, 1**). In Schnitt 2 kam eine von oben abgehängte höhenverstellbare Arbeitsplattform zum Einsatz, die eine substanzschonende Freilegung der Befunde im Sohlbereich des Kanals ermöglichte.

In Schnitt 1 musste unterhalb von Planum 8 aufgrund von Materialausspülungen und statischen Problemen auf einen flächigen Abtrag der basalen Kanalverfüllung verzichtet werden und es konnten nur Sondagen und Bohrungen bis in den anstehenden Sand abgeteuft werden (**Taf. 49; 50, 1; 57, 2; 58, 2**)⁴⁴⁷. Der bauzeitliche Sohlbereich und das entsprechende Fundspektrum sind daher nur bei Schnitt 2 und 3 vollständig erfasst, was erhebliche quantitative Unterschiede bei den geborgenen kleineren Holzabfällen und -abschlägen nach sich zieht (**Tab. 2; 9; 12; Taf. 138, 1**).

⁴³⁹ Vgl. Leitholdt 2016. – Zielhofer u. a. 2014. – Maßgeblich an den Geländearbeiten beteiligt waren neben dem Arbeitsgruppenleiter Ch. Zielhofer A. Kirchner, E. Leitholdt, J. Schmidt, J. Völlmer sowie A. Schneider.

⁴⁴⁰ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 5.

⁴⁴¹ Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005. – Vgl. auch Leitholdt u. a. 2014a. – Zielhofer u. a. 2014. – Teilweise wurden auch geschlossene Liner und Sedimentsäulen in Metallschienen entnommen.

⁴⁴² Vgl. Leitholdt u. a. 2014a. – Zielhofer u. a. 2014.

⁴⁴³ Vgl. Zielhofer u. a. 2014. – Leitholdt 2016, 318–319.

⁴⁴⁴ Vgl. Zielhofer u. a. 2014. – Leitholdt 2016, 318–319.

⁴⁴⁵ Dieses hochgenaue Polygonnetz wurde 2013 im Karlsgrabenumfeld durch das Ingenieurbüro Christofori eingerichtet.

⁴⁴⁶ Vgl. Werther 02/2015; 2019.

⁴⁴⁷ Dazu ausführlich Werther u. a. 2015, 163. – Auch der Wallbereich östlich der Kanalrinne in Schnitt 1 wurde unterhalb von Planum 1 nicht vollständig ergraben.

Die Bergung der an den Kanalrändern eingerammten Eichenpfähle und Staken erfolgte teilweise per Hand und teilweise mithilfe von Schwerlastschlaufen und der Fronthydraulik eines Traktors. In einigen Fällen waren dabei Beschädigungen im Kopfbereich der Hölzer unvermeidbar (vgl. **Taf. 126, 1**). Einige sehr große liegende Hölzer in Schnitt 2 mussten zur Bergung aus dem Profil mit der Kettensäge zerteilt werden (vgl. **Taf. 81, 2; 82, 1; 135; 136**).

Alle Proben und Funde wurden nicht nur den jeweiligen archäologischen Befunden zugeordnet, sondern zusätzlich bestimmten Meterabschnitten (lfm) von Ost nach West zugewiesen (**Taf. 38, 2; 66; 92, 1**). Diese Streifenzuweisung ermöglicht eine horizontalstratigrafische Feingliederung unterschiedlicher Nutzungs- und Vegetationszonen, insbesondere im Böschungs- und Randbereich des Grabens einerseits und in der Rinnenmitte andererseits. Neben den archäologischen Artefakten im engeren Sinne wurden systematisch auch Nassholzreste und Mollusken ausgelesen⁴⁴⁸.

Mindestens 50 % des Volumens jedes Befundes wurde auf Sieben mit 1 cm Maschenweite durchgeseiht bzw. – wenn nicht siebbar – durchgesehen, um eine repräsentative Materialauswahl zu bergen. Das Material der bauzeitlichen und bald nach dem Bau abgelagerten Schichten aus Schnitt 2 und 3 wurde fast vollständig in Wasser aufgelöst und unter fließendem Wasser nass gesiebt⁴⁴⁹.

Aus allen wichtigen Befunden wurden für unterschiedliche Laboranalysen großvolumige Bodenproben entnommen, die in Schnitt 2 und 3 durch mehrere durchgehende Sedimentsäulen in Metallschienen ergänzt wurden. Diese Proben bilden die Basis für sedimentologisch-bodenchemische Untersuchungen, die Bestimmung botanischer Makroreste und Ostrakoden sowie Pollenanalysen⁴⁵⁰.

Um die komplexe Stratigrafie und Relativchronologie der Grabungen detailliert und fehlerfrei

herauszuarbeiten, wurde nach Grabungsabschluss für alle drei Grabungsschnitte mit der Software Stratify 1.5 eine Harrismatrix erstellt⁴⁵¹. Nach der Eingabe sämtlicher stratigrafischer Einzelbeziehungen erfolgte mit den Routinewerkzeugen des Programmpaketes eine systematische Fehlersuche, um Zirkelschlüsse und fehlerhafte Lageverhältnisse zu identifizieren. Die so identifizierten Problemfälle – insbesondere durch Schreibfehler und vereinzelt auch im Feld falsch angesprochene Zuordnungen – wurden noch einmal gezielt anhand der Zeichnungen, Schichtbeschreibungen und Fotos überprüft, um die Fehler zu korrigieren.

Anschließend erfolgte schnittweise eine Einteilung sämtlicher Befunde in relativchronologisch zusammengehörige Phasen, die erneut auf ihre innere Logik und inhärente Fehler untersucht wurden. Auf dieser Basis wurde für alle Grabungsschnitte eine stratigrafische Matrix erstellt, in der die Schichtenfolge und Phasengliederung klar und in sich logisch visualisiert ist (**Taf. 39; 67; 92, 2**).

Dendrochronologie und ¹⁴C-Datierungen

Von allen potenziell datierbaren (Bau-)Hölzern aus den archäologischen Grabungen wurden durch F. Herzig im dendrochronologischen Labor des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege Keile bzw. Scheiben abgetrennt und für die Messung der Jahrringbreiten unter dem Lichtmikroskop präpariert (**Taf. 113, 2**)⁴⁵². Die Basis für die mikroskopische Holzartenbestimmung und die Dokumentation der Waldkanten und Splintbereiche bildeten Dünnschnitte. Wenn bei Eichenhölzern Teile des Splintholzes ohne Waldkante erhalten waren, wurde die Datierung mithilfe einer Splintabschätzung eingegrenzt⁴⁵³. Für bis zu 100-jährige Eichen aus Bayern liegt das Fälldatum statistisch gesehen in

448 Analyse der Mollusken: H. Rittweger, vgl. Rittweger 8.9.2014; 12/2016. – Analyse der Nassholzreste: Franz Herzig (Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Dendrolabor). – Analyse der Tierknochen: Hans-Volker Karl (Universität Jena).

449 Aus technischen Gründen und wegen fehlender Ressourcen war dies 2013 leider nicht möglich.

450 Sedimentologisch-bodenchemische Untersuchungen: B. Schneider, J. Schmidt, E. Leitholdt, Ch. Zielhofer (Physisch-geographisches Labor Uni-

versität Leipzig, <http://geographie.physgeo.uni-leipzig.de/phygeo/labor/> [8.9.2025]). – Botanische Makroreste: B. Zach, Archäobotanik Labor Zach. – Ostrakoden: A. Pint, P. Frenzel (Universität Köln/Universität Jena). – Pollenanalysen: M. Kipping (Universität Stuttgart-Hohenheim).

451 Vgl. www.stratify.org/ (1.9.2025). Zur Harrismatrix allgemein Harris 1989.

452 Zur Methodik allgemein Herzig 2009.

453 Vgl. Schweingruber 1988, 146. – Haneca u. a. 2009, 4.

den meisten Fällen (95 % Vertrauensintervall) 16 ± 6 Jahre nach der Datierung des ersten Splintholzringes⁴⁵⁴. Für über 100-jährige Eichen sind 20 ± 6 Splintholzjahre anzusetzen⁴⁵⁵. Diese Wertebereiche finden ihre Bestätigung in den Hölzern des Karlsgrabens mit vollständig erhaltenem Splint und Waldkante (**Tab. 15**)⁴⁵⁶. Ist keinerlei Splintholz erhalten, ergibt sich aus der Annahme von mindestens zehn Splintholzringen lediglich ein *terminus post quem* für die Fällung, das reale Fälldatum kann jedoch auch deutlich jünger sein, wenn viele Kernholzringe fehlen.

Die jahreszeitliche Einordnung der Fällzeit der Eichen basiert auf der spezifischen Ausprägung des Früh- und Spätholzes⁴⁵⁷. Der Beginn der Jahrringbildung ist dabei zwischen Ende April und Anfang Mai anzusetzen, der Übergang vom Frühholz zum Spätholz Ende Juni/Anfang Juli und das Ende des radialen Wachstums Ende August bis Mitte September⁴⁵⁸. Scharf akzentuierte Jahrringgrenzen aus sehr flachen und extrem engringigen Faserzellen markieren nach F. Herzig den Beginn des Winters und damit das Ende der Vegetationsperiode⁴⁵⁹.

Für ¹⁴C-Datierungen der Grabungsbefunde wurde ausschließlich auf kurzlebige botanische Makroreste wie Samen zurückgegriffen. Aus Schnitt 1 wurden durch F. Herzig außerdem Proben aus den äußeren Jahrringen von nicht dendrochronologisch datierbaren Hölzern herauspräpariert (**Tab. 8**), wodurch ein Altholzeffekt ausgeschlossen werden kann. Zur Datierung der stratigrafischen Einheiten in den Bohrkernen musste teilweise auch auf langlebiges Holz und Holzkohle zurückgegriffen werden, mit Altholzeffekten ist daher zu rechnen⁴⁶⁰. Die Datierung erfolgte in verschiedenen AMS-Laboren⁴⁶¹. Die Ka-

libration erfolgte mit quickcal2007 ver.1.5 (Bohrungen) bzw. SwissCal 1.0 (Grabungen) und beruht auf dem INTCAL13 bzw. INTCAL20-Datensatz⁴⁶². Während die Datierung des Probenmaterials der Grabung 2013 ohne methodische Probleme umgesetzt werden konnte, mussten bei den Proben aus der Grabung 2016 einige Herausforderungen bewältigt werden. Obwohl es sich um ausgelesene und botanisch artenbestimmte kurzlebige pflanzliche Makroreste handelt, Verunreinigung bei der Probenentnahme aufgrund unterschiedlicher Entnahmearten (Sedimentschienen, Eimerproben) ausgeschlossen werden konnten und alle 15 datierbaren Proben chronostratigrafisch in die Zeit nach 792 datieren sollten, streuten zehn Proben vom 7. Jahrtausend v. Chr. bis in die Eisenzeit⁴⁶³. Es bestand der Verdacht, dass ältere Huminsäuren die Proben kontaminiert haben könnten, da bei fragilen Proben nach der obligatorischen Säurebehandlung auf einen Laugeschritt, der die löslichen Huminsäuren entfernt, verzichtet wurde. Daher wurden sechs Proben, von denen ausreichend Reservematerial zur Verfügung stand, durch S. Lindauer, einer zweiten abgewandelten Aufbereitung und Datierung unterzogen⁴⁶⁴. Dabei kam eine sogenannte ABA-Methode (Acid-Base-Acid) zum Einsatz, bei der der besonders destruktive Laugeschritt mit Verdünnung und sehr kurzer Einwirkzeit durchgeführt wurde, um lösliche Huminsäuren zu entfernen und gleichzeitig Kontamination durch CO₂ aus der Luft zu verhindern. Das Datierungsergebnis konnte damit bei einigen Proben deutlich verbessert werden⁴⁶⁵. Dennoch fallen die Datierungen aus Schnitt 2 und 3 gegenüber Schnitt 1 in ihrer Zuverlässigkeit und Aussagekraft deutlich ab und tragen kaum zur Präzisierung der Chronostratigrafie bei.

⁴⁵⁴ Vgl. Haneca u. a. 2009, Tab. 1. – Für Bayern wurde diese Splintstatistik durch F. Herzig leicht präzisiert, vgl. Herzig Februar 2014; September 2014; 15.8.2018.

⁴⁵⁵ Vgl. Haneca u. a. 2009, Tab. 1.

⁴⁵⁶ Minimalwert 10; Maximalwert 29, Median 18, Mittelwert 19.

⁴⁵⁷ Vgl. Haneca u. a. 2009, 4. – Jansma 2020, 2.

⁴⁵⁸ Vgl. Eckstein 2007, 55–57 Abb. 5. – Haneca u. a. 2009, 4. – Jansma 2020, Abb. 1.

⁴⁵⁹ Mündl. Auskunft F. Herzig 08/2018.

⁴⁶⁰ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 8 Tab. 1–2. – Kirchner u. a. 2018, 6. – Leitholdt 2016, 317–318. – Werther u. a. 2015, 158.

⁴⁶¹ Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung Kiel (KIA), Scottish Universities Environmental Research Centre Glasgow (SUGL/SUERC), Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie Mannheim (MAMS).

⁴⁶² Vgl. Zielhofer u. a. 2014. – Leitholdt 2016, 317–318. – Friedrich 10.3.2017. – Mit INTCAL20 wurden lediglich die Proben der Grabung 2016 kalibriert, vgl. Lindauer 22.10.2021; 11.4.2022.

⁴⁶³ Vgl. Lindauer 22.10.2021.

⁴⁶⁴ Vgl. Lindauer 11.4.2022.

⁴⁶⁵ Vgl. Lindauer 11.4.2022. Drei der Reserveproben (MAMS 52405, 52411 und 52421) erbrachten mit dieser abgewandelten Aufbereitung die zu erwartenden frühmittelalterlichen Datierungsintervalle. Eine Reserveprobe (MAMS 52414) erbrachte ein jüngeres vorgeschichtliches Alter. Zwei Reserveproben (MAMS 52413, 52415), die im ersten Aufbereitungsdurchgang nicht datierbar waren, konnten datiert werden und erbrachten kaiserzeitlich-völkerwanderungszeitliche Alter.

Fundbearbeitung

Die Bearbeitung der vorwiegend stark zerscherbten keramischen Kleinfunde orientiert sich im Wesentlichen am Aufnahmeschema von Werther 2015⁴⁶⁶. Primäres Gliederungskriterium sind die Warenarten, die je nach erkennbaren Merkmalen in Untergruppen ausdifferenziert sind⁴⁶⁷. Die Gliederung der Randformen erfolgt ebenfalls über Haupt- und Untergruppen⁴⁶⁸. Wo nötig wurde das vorhandene Warenarten- und Randformenschema ergänzt und erweitert. Da diese Erweiterungen jedoch nur punktuell erfolgten, soll auf eine Einzelfalldiskussion verzichtet werden. Die Ansprache von Verzierungen, Bodenformen und sonstigen typologischen Merkmalen orientiert sich an einschlägigen allgemeinen Handbüchern und der regionalen Forschungsliteratur⁴⁶⁹.

Das besonders fragmentierte und verrundete Fundmaterial der Feldbegehungen lässt sich vielfach nicht präzise datieren, doch lässt sich für viele Materialgruppen der Zeitpunkt des frühestmöglichen Auftretens in der Region festlegen. Daraus ergibt sich ein *terminus post quem*, mit dessen Hilfe sich

über zwei Drittel des Fundniederschlages der Begehungen zumindest grob zeitlich gliedern lassen⁴⁷⁰.

Die dendrochronologisch-dendrotechnologische Bearbeitung der Nassholzfunde erfolgte durch F. Herzig im Dendrolabor des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege⁴⁷¹. Ergänzende Analysen von Bearbeitungsspuren führte Lohengrin Baunack im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Universität Jena durch⁴⁷². Die Dokumentation ausgewählter Nasshölzer mithilfe von 3D-Laserscannern übernahm Tobias Reich an der Hochschule Mainz (vgl. exemplarisch **Taf. 130, 1**), die Nassholzkonservierung erfolgte im Labor R. Riens⁴⁷³. Für die Bearbeitung der Tierknochen zeichnet der Archäozoologe H.-V. Karl verantwortlich⁴⁷⁴. Die Bearbeitung der botanischen Makroreste aus Sedimentproben der Grabungen erfolgte durch die Archäobotanikerin B. Zach⁴⁷⁵. Ausgewählte Pollenproben der Grabungen 2013 und 2016 wurden durch M. Knipping an der Universität Hohenheim ausgewertet⁴⁷⁶. Die Analyse ausgelesener Mollusken der Grabung 2013 oblag H. Rittweger, Ostracoden dieser Grabungskampagne wertete A. Pint aus⁴⁷⁷.

Naturräumliche Voraussetzungen des Bauplatzes

Den ersten Schritt bildet ein Blick auf die naturräumlichen Voraussetzungen des Bauplatzes. Sie bestimmen die Rahmenbedingungen für das technische Konzept und den Ablauf der Arbeiten am Kanal.

Naturräumliche Rahmenbedingungen

Für den Bau des Karlsgrabens wurde ein naturräumlich ausgesprochen günstiger Standort gewählt⁴⁷⁸.

Im Bereich des Treuchtlinger Talknotens ist die über 150 m hohe Frontstufe der Südlichen Frankenalb durch verschiedene erdgeschichtliche Prozesse durchbrochen. Dadurch konnte sich eine Talwasserscheide ausbilden, die nur 13,2 m über dem rezenten Altmühlpegel (408,3 m üNN) verläuft (**Taf. 28, 2**). Die zu überbrückende Distanz zwischen Altmühl und Schwäbischer Rezat beträgt heute auf gerader Linie etwa 1800 m (**Taf. 8**).

⁴⁶⁶ Werther 2015, 28–67.

⁴⁶⁷ Vgl. Werther 2015, 28–29 Tab. 5.

⁴⁶⁸ Vgl. Werther 2015, 29.

⁴⁶⁹ Vgl. Schreg 2007. – Bauer u. a. 1993. – Werther 2015, 28–67. – Losert 1993. – Gross 1991. – Keßler 1996. – Lamb 1997.

⁴⁷⁰ Der vorangehende Absatz basiert auf Ruchte u. a. 2015.

⁴⁷¹ Vgl. Herzig Februar 2014; September 2014; 15.8.2018.

⁴⁷² Vgl. Baunack 2018.

⁴⁷³ Vgl. Berg/Reich 2018.

⁴⁷⁴ Vgl. Karl 04/2016.

⁴⁷⁵ Vgl. Zach 7.11.2016; 10.6.2014.

⁴⁷⁶ Vgl. Knipping 20.12.2018.

⁴⁷⁷ Vgl. Rittweger 12/2016; 8.9.2014.

⁴⁷⁸ Der folgende Absatz basiert auf Werther u. a. 2015, 154. Vgl. Schmidt-Kaler 1976. – Koch/Leininger 1993a. – Schmidt-Kaler 1993. – Zielhofer u. a. 2014. – Zielhofer/Kirchner 2014.

Intensive Prospektionsarbeiten haben gezeigt, dass die heutige Lage des Altmühllaufes weitgehend dem frühmittelalterlichen Zustand entspricht und sich die Aue kaum verändert hat (**Taf. 29, 2**)⁴⁷⁹. Die Rezat zeigt demgegenüber stärkere Verlagerungen und das frühmittelalterliche Bett ist bislang nicht sicher lokalisierbar. Zumindest ein potenzieller natürlicher Abflusskorridor ist aber identifizierbar (**Taf. 29, 1**)⁴⁸⁰. Dieser lässt erkennen, dass es topografisch und hydrologisch möglich gewesen wäre, das Rezatwasser für die Wasserversorgung des Kanalscheitels zu nutzen. Hinzu kamen stark schüttende Hangzuzugswässer und ein generell hoher Grundwasserstand, die erheblich zur Wasserhaltung beigetragen hätten⁴⁸¹.

Der Baugrund des Kanals besteht in den Abschnitten A und B (**Taf. 8**) aus miozänen Tonen unter bis zu 5 m mächtigen Ablagerungen quartärer Flusssande. In den Abschnitten C und D hat sich auf diesen quartären Sanden durch den dauerhaft hohen Grundwasserpegel ein ausgedehntes Niedermoor, das sogenannte Rezatried, ausgebildet⁴⁸². Die heutige hydrologische Situation ist dort stark durch Drainagemaßnahmen beeinflusst. Ab dem frühen 19. Jahrhundert wurde dieser Bereich drainiert und systematisch trockengelegt, um ihn landwirtschaftlich nutzbar zu machen⁴⁸³.

Die vorwiegend lehmig-sandigen Lockersedimente im Untergrund der Kanaltrasse erscheinen aufgrund der leichten Bearbeitbarkeit zunächst vorteilhaft, waren jedoch aufgrund ihrer geringen Standfestigkeit mit bautechnischem Problempotenzial behaftet.

Paläo-Topografie

Die rezente Topografie im Bereich der Kanaltrasse ist in erheblichem Umfang durch anthropogene Veränderungen geprägt. Die Unkenntnis der bauzeitlichen Geländeneiveaus limitierte lange Zeit nicht nur die Überlegungen zum hydrologischen Konzept und zur Trassenwahl, sondern auch die Rekonstruktion der bewegten Erdvolumina. Unter Federführung von J. Schmidt gelang es 2018, diese Lücke zu schließen, indem rezente digitale Geländemodelle um anthropogene Strukturen bereinigt und zu Paläo-Oberflächenmodellen umgewandelt wurden⁴⁸⁴.

Die Eichung und Validierung erfolgte mithilfe von *in situ*-Befunden bauzeitlicher Oberflächen in Bohrungen und Grabungsschnitten.

Aus dem Paläo-Oberflächenmodell konnte außerdem unter Verwendung des *topographic wetness index* ein Paläo-Feuchtigkeitsmodell generiert werden (**Taf. 29, 1**). Dieses Feuchtigkeitsmodell gibt wichtige Hinweise auf die hydrologischen Rahmenbedingungen verschiedener Trassenabschnitte. Es zeigt außerdem, dass die natürliche Abflussbahn der Schwäbischen Rezat nicht wie heute auf den Knickpunkt des Karlsgrabens zuläuft, sondern deutlich weiter östlich unweit des Ortsrandes von Dettenheim nach Norden abbiegt.

⁴⁷⁹ Vgl. Kirchner u. a. 2018.

⁴⁸⁰ Vgl. Schmidt u. a. 2018. – Dazu auch Schmidt-Hecklau u. a. 2015.

⁴⁸¹ Die rezente Abflussmenge der Rezat im Bereich des Kanalscheitels beträgt mindestens 500 m³ pro Tag, vgl. Zielhofer u. a. 2014, 18. – Lietz 2014.

⁴⁸² Vgl. Schmidt-Kaler 1976; 1993. – Birzer 1958.

⁴⁸³ Hertwig/Löder 2000, 19. – Redenbacher 1844, 57.

⁴⁸⁴ Vgl. zum Folgenden Schmidt u. a. 2018; 2020.

Der Trassenverlauf des Kanals und seine obertägigen und untertägigen Reste

Wie im Kapitel zur jüngeren Forschungsgeschichte und zu den frühen bildlichen Zeugnissen ausgeführt, waren bis in die 1970er-Jahre nur die obertägig deutlich sichtbaren Trassenabschnitte des Karlsgrabens bekannt und man ging mehrheitlich davon aus, dass der Kanal an der Straße Dettenheim–Grönhart (**Taf. 8, B–C**) endet. Seit den 1970er-Jahren mehrten sich die Indizien für eine Fortsetzung nach Norden und auch nach Süden ergaben sich im Ortsbereich von Graben durch Baubeobachtungen vereinzelt Anhaltspunkte für mögliche untertägige Reste⁴⁸⁵. Im Vorfeld der Jubiläumsfeier 1993 konnte die Arbeitsgruppe um R. Koch die vorhandenen Indizien durch Bohrbefunde und topografische Geländemerkmale ergänzen, noch fehlten jedoch eindeutige chronologische Belege für eine Zugehörigkeit der nachgewiesenen Befunde zum karolingerzeitlichen Bauwerk⁴⁸⁶. Ausgehend davon gelang es seit 2009, für die verschiedenen Trassenabschnitte neue Befunde zu gewinnen und eindeutig zu datieren⁴⁸⁷. Der Kanal ist dadurch auf einer Länge von ca. 2800 m sicher nachweisbar.

Seine Trasse lässt sich in insgesamt sechs Abschnitte A–F gliedern (**Taf. 8; 9, 1–2**). Abschnitt A ist der sogenannte Zentralbereich, der durch die obertägig deutlich sichtbaren Aushubwälle mit Baumbestand und die Wasserfläche des Dorfweiher von Graben geprägt wird. Abschnitt B ist der sogenannte West–Ost-Bereich zwischen der Bahnlinie und der Straße Dettenheim–Grönhart. Auch dort sind die Aushubwälle deutlich erkennbar. Abschnitt C bezeichnet den Nördlichen Bereich von der Straße Dettenheim–Grönhart bis zur Bahnlinie. Hier sind obertägig nur punktuell Spuren des stark eingeebneten Kanals erkennbar. Im Nordöstlichen Bereich D zwischen der Bahnlinie und dem rezenten Rezatlauf

zeigen sich obertägig keinerlei Spuren des Kanals. Gleiches gilt für den südlichsten Bereich F in der Altmühlau. Abschnitt E bezeichnet den Oberlauf der Rezat und die von R. Koch vermuteten Relikte eines Staudammes und Stauweiher.

Im Folgenden sollen die einzelnen Bauabschnitte des Kanals von Norden nach Süden fortschreitend vorgestellt werden.

Bauabschnitt F: Altmühlanschluss

Die Anbindung des Kanals an die Altmühl ist eine Schlüsselstelle des Bauwerkes⁴⁸⁸. Südlich der wassergefüllten Ausläufer in Abschnitt A (**Taf. 8**) sind jedoch obertägig keinerlei Reste erkennbar und bis 2014 lagen weder zum weiteren Verlauf der Fahrrinne noch zur Landschaftsgenese der Altmühlau tragfähige Befunde vor. Mehrere Baugrubenbeobachtungen am Südrand der Dorfstraße (**Taf. 10, 5–6**) und eine Bohrung der Arbeitsgruppe um R. Koch (**Taf. 29, 2, B 15**) ergaben zwar Indizien, aber keine sicheren Belege für eine verfüllte Fahrrinne im Ortsbereich⁴⁸⁹. Es war außerdem unklar, ob sich das Flussbett der Altmühl in der Karolingerzeit am östlichen Auenrand befunden haben könnte, was das fehlende Anschlusssegment des Kanals erheblich verkürzt hätte⁴⁹⁰.

Intensive Geländearbeiten unter Federführung von A. Kirchner und Ch. Zielhofer erlauben nun eine sichere Beurteilung dieses Trassenabschnittes⁴⁹¹. Die gesamte Altmühlau wurde dabei mit verschiedenen geophysikalischen Prospektionsmethoden, Luftbildern, LiDAR-Scans und Altkarten sowie mehr als 120 Bohrungen systematisch prospektiert (**Taf. 29, 2**). Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass

⁴⁸⁵ Vgl. dazu insbesondere Röder 1975, 282. – Koch 1993a, 8–10.

⁴⁸⁶ Vgl. Koch 1993a; 2002, 60–65; 2008, 266–277. – Koch/Leininger 1993a.

⁴⁸⁷ Vgl. dazu besonders Werther u. a. 2015, 154–176. – Kirchner u. a. 2018. – Linzen/Schneider 2014. – Linzen u. a. 2017. – Zielhofer u. a. 2014. – Leitholdt 2016.

⁴⁸⁸ Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf Werther u. a. 2015, 155–156 sowie Kirchner u. a. 2018.

⁴⁸⁹ Vgl. dazu bereits ausführlich Werther u. a. 2015, 155 Anm. 46. – Vgl. außerdem Koch 1993a, 9. – Koch/Leininger 1993a, 13–14.

⁴⁹⁰ Vgl. Werther u. a. 2015, 155. – Kirchner u. a. 2018, 3.

⁴⁹¹ Vgl. Kirchner u. a. 2018. – Zielhofer/Kirchner 2014, 7–8.

die Altmühlaue eine sehr einheitliche und ungestörte Chronostratigrafie aufweist. Die älteste stratigrafische Einheit besteht aus groben kiesig-sandigen fluvialen Sedimenten des Pleistozäns. Darüber lagen lehmige Hochflutsedimente mit einer mittelholozänen Bodenbildung⁴⁹². Auf diesem fossilen Boden haben sich jüngere Hochflutsedimente abgelagert, aus denen sich flächig eine Auenbraunerde entwickelt hat⁴⁹³. Eine signifikante laterale Verlagerung des Altmühllaufes nach dem mittleren Holozän kann ausgeschlossen werden, die Altmühl verlief also im 8. Jahrhundert praktisch an der gleichen Stelle wie heute⁴⁹⁴. Ein Durchstich wäre also zwingend notwendig gewesen, um den Kanal an den natürlichen Flusslauf anzuschließen.

Die südlichsten Befunde des Kanals liegen in den Bohrungen SW1, SW2 und W1 im bzw. unmittelbar südlich des Dorfweiher von Graben vor (**Taf. 29, 2**)⁴⁹⁵. Von dort aus fehlen bis zum Altmühllauf auf einer Strecke von 650–700 m Hinweise auf einen Grabenaushub. Die untersten organischen Verfüllungen der Baugrube bzw. Fahrrinne in den Bohrungen SW1, und W1 liegen auf 409,5–410,00 m üNN und scheinen nach Süden hin auszulaufen⁴⁹⁶. Die nach Westen abfallende karolingerzeitliche Oberfläche der Altmühlaue lässt sich auf Basis der Bohrbefunde auf einer Höhe von 408,2–409,7 m üNN bzw. im Mittel 409,1 m üNN rekonstruieren (**Taf. 30, 2**)⁴⁹⁷. Für eine Drainage der Baugrube in die Altmühlaue wäre demnach kein Grabenaushub nötig gewesen, das natürliche Gefälle hätte einen Wasserabfluss gewährleistet⁴⁹⁸. Eine schiffbare Fahrrinne hätte jedoch auf eine Tiefe von mindestens 408,5 m üNN eingetieft werden müssen, um einen Anschluss an den Altmühlpegel zu ermöglichen. Hinweise auf einen derartigen Aushub liegen trotz systematischer Prüfung sämtlicher möglicher Verläufe durch Bohrungen und geophysikalische Messungen nicht vor⁴⁹⁹. Es muss daher davon ausgegangen werden,

dass der Durchstich zur Altmühl nicht erfolgt ist und dieser Trassenabschnitt unvollendet blieb.

Bauabschnitte A und B: Wasserscheidenübergang und West-Ost-Bereich

Die Trassenabschnitte A und B sind der technisch schwierigste Teil des gesamten Bauvorhabens, da hier der 13,2 m über dem rezenten Altmühlpegel liegende Sattel der natürlichen Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten von Altmühl und Rezat überwunden werden musste (**Taf. 8; 28, 2; 30, 2**)⁵⁰⁰. Von diesen Bemühungen zeugen auf einer Länge von etwa 1400 m noch heute die bis zu 10 m über die Grabensohle aufragenden Aushubwälle des Kanals (**Taf. 9, 2**)⁵⁰¹. Hier erfolgten insbesondere zwischen 2010 und 2014 intensive Geländearbeiten. Ein umfangreiches Bohrprogramm, Direct-Push-Sondierungen, hochauflösende digitale Geländemodelle, kleinflächige Magnetik-Messungen sowie elektrische Widerstandsmessungen erlauben einen Einblick in den Kanalbau und Aspekte seiner Instandhaltung.

Auf Basis der Bohrkernstratigrafien, der sedimentologischen und archäobotanischen Analysen sowie zahlreicher ¹⁴C-Datierungen lassen sich für diesen Bauabschnitt mehrere grundlegende Entwicklungsphasen ausweisen. Die erste Phase repräsentiert den unberührten Baugrund, in dem die Kanaltrasse angelegt wurde. In den meisten Bohrungen ist die Basis durch fluviale Sande des Pleistozäns repräsentiert, die sehr arm an organischen Bestandteilen sind. Bohrungen unter den Aushubwällen zeigten, dass diese Sande mit einem fossilen Boden abschließen, der gleichzeitig den Laufhorizont bei Baubeginn repräsentiert. Da der begrabene Boden durch einen bereits erodierten Oberboden gekennzeichnet ist, muss davon ausgegangen werden, dass Teile des

⁴⁹² Vgl. Kirchner u. a. 2018, 13.

⁴⁹³ Nach Werther u. a. 2015, 155.

⁴⁹⁴ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 13–17.

⁴⁹⁵ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 11 Abb. 6.

⁴⁹⁶ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 11–13.

⁴⁹⁷ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 14. 16.

⁴⁹⁸ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 16.

⁴⁹⁹ Vgl. Kirchner u. a. 2018, 16–17.

⁵⁰⁰ Der folgende Absatz beruht weitgehend unverändert auf Werther u. a. 2015, 157–160. – Ergänzungen im Detail stammen aus Kirchner u. a. 2018. – Hausmann u. a. 2018. – Völlmer u. a. 2018b. – Vgl. dazu außerdem grundlegend Leitholdt 2016. – Zielhofer u. a. 2014.

⁵⁰¹ Vgl. Berg-Hobohm/Werther 2014, 9–10.

Bauplatzes bereits längere Zeit vor Baubeginn nicht bewaldet waren. Für den Bauablauf ist dieser Befund von erheblicher Relevanz, denn er legt das Vorhandensein freier Sichtachsen für die Vermessung und Absteckung der Kanaltrasse nahe.

Diese präkarolingischen Sedimente wurden bis zu 12 m unter die bauzeitliche Geländeoberfläche abgeteuft und beiderseits der Baugrube wallartig aufgeschüttet. Ein idealisiertes Querprofil aus mehreren Bohrungen in Bauabschnitt B zeigt eine Aushubbreite von deutlich über 30 m (**Taf. 31, 3**). Punktuell waren in den Bohrungen an der Kanalsohle Relikte eines bräunlichen Lauf- und Arbeitshorizontes erkennbar, dessen karolingerzeitliche Datierung in das 8. Jahrhundert über ¹⁴C-Daten abgesichert ist (Bohrung A)⁵⁰².

Die eigentliche Fahrrinne lässt sich auf eine Breite von maximal 5–6 m eingrenzen, Direct-Push-Sondierungen ergaben in Abschnitt B außerdem Indizien für eine Breite von lediglich 2,5–3 m und einen stabilisierenden Holzverbau⁵⁰³. Auf das Vorhandensein hölzerner Uferbefestigungen verweisen auch Eichenholzfragmente aus den Bohrungen S und Q, deren ¹⁴C-Datierungsintervalle 70–100 Jahre vor dem Baudatum 792/793 liegen und die als Reste von Bauhölzern zu interpretieren sind. Das Erscheinungsbild dieser Holzkonstruktionen ist allerdings unbekannt.

Zumindest in Teilabschnitten der Bauabschnitte A und B scheint der Holzverbau seiner stabilisierenden Aufgabe nicht im gewünschten Maße gerecht geworden zu sein, denn in mehreren Bohrungen und Direct-Push-Profilen konnten Hinweise für abrupte Versturzsprozesse kurz nach dem Aushub dokumentiert werden⁵⁰⁴. Im Bereich der größten Aushubtiefe beiderseits der natürlichen Wasserscheide fanden sich unmittelbar auf der Kanalsohle 1–1,5 m mächtige kolluvial verlagerte Sandpakete (Bohrungen A, E und K). Diese Befunde korrespondieren teilweise mit Altersinversionen der ¹⁴C-Daten⁵⁰⁵. In anderen Trassenbereichen des Bauabschnittes A fehlen allerdings

Hinweise auf entsprechende Massenbewegungen und geringmächtige Faulschlämme auf der Kanalsohle zeigen wie in Bohrung H die Existenz offener Wasserflächen bzw. Weiher nach dem Aushub an.

Noch zahlreicher sind die Indizien für offene Wasserflächen in Abschnitt B. Zwar finden sich auch dort Hinweise auf die kolluviale Verlagerung des Aushubes, der angereichert mit botanischen Bestandteilen auf der Kanalsohle akkumuliert wurde (Bohrungen N, O, P, Q und W). Die Schichtmächtigkeit dieser Sande ist gegenüber Bauabschnitt A allerdings durchweg geringer und in vielen Bohrungen ist die Kanalbasis durch Faulschlämme und schluffig-tonige Sedimente der limnischen Fazies gekennzeichnet, die in das Frühmittelalter datieren⁵⁰⁶. Wechsellagerungen von Faulschlämmen und Torfen zeigen, dass sich hier das gesamte Frühmittelalter hindurch Weiher mit vermoorten und zunehmend verlandenden (Ufer-) Bereichen abwechselten.

In Bauabschnitt A dominieren bereits unmittelbar nach dem Kanalaushub und den geschilderten kolluvialen Massenbewegungen entsprechende Vermoorungs- und Verlandungsprozesse. ¹⁴C-datierte Torflagen des späten 8. und 9. Jahrhunderts mit Hinweisen auf eine Bruchwaldvegetation aus Weiden und Erlen fanden sich beispielsweise in den Bohrungen H, G und M. Dieser Abschnitt der Fahrrinne war damit spätestens im 9. Jahrhundert versumpft und mit Weichhölzern bewachsen. In Bauabschnitt B scheinen wesentliche Teile der Fahrrinne dagegen länger als offene Wasserflächen bestanden zu haben, da sich die dortigen Faulschlämme vorwiegend in das 9./10. Jahrhundert datieren lassen bzw. bis in das Hochmittelalter durchlaufen⁵⁰⁷.

Auch im Hochmittelalter bestanden demnach in Teilen der Kanaltrasse ausgedehnte offene Wasserflächen, die durch Faulschlämme, schluffig-tonige Sedimente und Torfe des 11. bis 13. Jahrhunderts angezeigt werden. Im Spätmittelalter und in der Neuzeit wurden diese Schichtpakete großflächig von Sanden überlagert, die durch Erosionsprozesse von

502 Vgl. Leitholdt u. a. 2012, 97.

503 Vgl. Völlmer u. a. 2018b.

504 Zu den Direct-Push-Befunden Völlmer u. a. 2018b. – Vgl. synthetisch Schmidt u. a. 2020, Abb. 7.

505 Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 9. 16. – Schmidt u. a. 2020.

506 Vgl. dazu ergänzend Völlmer u. a. 2018b, Tab. 1.

507 Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 16. – Völlmer u. a. 2018b, Tab. 1.

den Wällen in die Kanalarinne gelangten. Bis in die Neuzeit hinein lassen sich allerdings anhand von limnischen Sedimenten in Einzelabschnitten offene Wasserflächen nachweisen. Dass ein Teil dieser Wasserflächen erst sehr spät als Weiher angelegt wurde, zeigt nicht nur die bereits diskutierte schriftliche und kartografische Überlieferung, sondern auch die Tatsache, dass die neuzeitlichen Weiherkörper in einem erbohrten Querprofil seitlich versetzt über den früh- und hochmittelalterlichen Wasserflächen liegen⁵⁰⁸. Diese jüngste mehrteilige Weiherphase ist in zahlreichen Kartenwerken des 18. Jahrhunderts dargestellt (**Taf. 13, 1–2; 14, 1; 15, 1; 18, 1; 20, 3**). Wie die Bohrbefunde zeigen, besteht allerdings keine unmittelbare Kontinuität dieser Erscheinung in das Frühmittelalter.

Nichtsdestoweniger zeigen die Bohrungen für den diskutierten Bauabschnitt in der Zusammenschau eine Aneinanderreihung einzelner weiherartiger Kanalsegmente mit variierenden Sohlniveaus⁵⁰⁹. Der steilste Anstieg der Kanalsohle erfolgt in Bauabschnitt A im Bereich der natürlichen Wasserscheide: Vom Niveau 409,4–409,5 m üNN in den Bohrungen W1 und A steigt die Kanalsohle um etwa 1,5 m auf etwa 410,80–411 m üNN in den Bohrungen E und F an⁵¹⁰. Anschließend folgt ein weiterer Anstieg um gut 1 m auf etwa 411,70–412,20 m üNN in den Bohrungen G, H, I/J, K und L⁵¹¹. Kleinere Schwankungen der Sohlthiefen zwischen den einzelnen Bohrungen sind zum einen auf bohrbedingte Fehler wie die Kompaktion organischer Lagen zurückzuführen, zum anderen aber auch darauf, dass die Bohrungen nicht immer genau in der Tiefenlinie der Baugrube liegen⁵¹². Nicht zuletzt ist außerdem zu berücksichtigen, dass die Sohle nirgends völlig plan verläuft, wie die archäologischen Grabungen in Schnitt 1–3 zeigen. In Bauabschnitt B zeichnen sich zwei län-

gere Kanalabschnitte ab, deren Sohle zwischen den Bohrungen T und U vom tiefer liegenden westlichen Niveau bei etwa 412,00 m üNN auf mindestens 412,60–412,80 m üNN ansteigt⁵¹³. Das höchste Sohlniveau am Ostende von Bauabschnitt B markieren die Bohrungen Z2 und Z3 mit Aushubtiefen von etwa 413,00–413,20 m üNN⁵¹⁴.

An Querprofil QP in Bauabschnitt C (**Taf. 8**) zeigen Direct-Push-Farbprofile eine identische Sohlthiefe von etwa 413,20 m üNN an⁵¹⁵. Der Scheitel des Kanalbauwerkes ist damit zwischen Querprofil QP und Schnitt 1 mit der dort ergrabenen Sohlhöhe von 414,00 m üNN zu verorten – und damit deutlich weiter nördlich als bis 2021 angenommen⁵¹⁶.

Damit ist festzuhalten, dass der Kanalscheitel gegenüber der natürlichen Wasserscheide um über 1000 m nach Nordosten verschoben wurde. Dahinter ist ein Element des wasserbaulichen Gesamtkonzeptes zu vermuten, um die Rezat als Scheitelspeisung zuleiten zu können, was im Bereich der natürlichen Wasserscheide topografiebedingt nicht möglich gewesen wäre. Ob und wie diese Wasserzuleitung technisch umgesetzt war, entzieht sich bislang dem Nachweis. Es überwiegen jedoch die Hinweise, dass es nicht zum Bau entsprechender Zuleitungen gekommen ist⁵¹⁷. Auch das Erscheinungsbild und die konstruktive Ausgestaltung der Stufen zwischen den verschiedenen Sohlniveaus des Kanals, beispielsweise in Form von hölzernen Schleusen/Wehren oder Rampen, ist bislang nicht durch Befunde abgesichert⁵¹⁸. Dass es Wehre zur Regulierung des Wasserspiegels in der Karolingerzeit gab, belegen allerdings nicht nur Schriftquellen, sondern auch archäologische Befunde; so wurde beispielsweise im Kloster Werden vor wenigen Jahren ein mit Bruchsteinen hinterfülltes hölzernes Wehr mit einem 2,5 m breiten Durchlass ergraben⁵¹⁹.

508 Zum Weiherbau um 1700 vgl. Haas 1726.

509 Vgl. dazu zusammenfassend Leitholdt 2016, 345.

510 Vgl. Kirchner u. a. 2018, 11–13 Abb. 6. – Leitholdt 2016, 319–322. – Leitholdt u. a. 2014b, 196. – Zielhofer u. a. 2014, 9–10 Abb. 6.

511 Vgl. Leitholdt 2016, 323–330. – Zielhofer u. a. 2014, 9–10 Abb. 6.

512 Vgl. Leitholdt 2016, 313. 327–328. – Hausmann u. a. 2018. – Völlmer u. a. 2018b.

513 Leitholdt 2016, 330–337. – Vgl. dazu auch Völlmer u. a. 2018b.

514 Vgl. Leitholdt 2016, 338–340.

515 Völlmer u. a. 2021, 15–16.

516 Vgl. Völlmer u. a. 2021. – Als höchstes Sohlniveau wurde bis 2021 Bohrung QP 1 mit 414,20–414,52 m üNN angenommen, vgl. Zielhofer u. a. 2014, 12–13. 17–18 Abb. 12.

517 Vgl. Rabiger-Völlmer u. a. 2020.

518 Vgl. dazu allgemein Bockius 2014b. – Weski 2014. – Voß 2011. – Wellbrock 2009. – Uhlemann 2002.

519 Vgl. Brand 2015, 150. – Zu entsprechenden Schriftquellen Elmshäuser 1992, 7–8. – Schwind 1984, 121. – Zum Schleusenbau jüngst auch Lohrmann 2022, 454–469.

Bauabschnitt C: Nordbereich

Wie in den Kapiteln zur Forschungsgeschichte des 20. Jahrhunderts ausgeführt, haben in Bauabschnitt C seit den 1970er-Jahren Luftbilder, Feinnivellements und Bohrungen klare Anhaltspunkte für eine Fortsetzung der Kanaltrasse erbracht⁵²⁰. Im Rahmen der Forschungen seit 2012 halfen insbesondere hochauflösende digitale Geländemodelle, georeferenzierte Luftbilder und geophysikalische Messungen (**Taf. 36; 37; 38, 1**), den Trassenverlauf weiter zu präzisieren⁵²¹.

Die großflächige SQUID-Magnetik erbrachte ein relativ komplexes Befundbild⁵²². Die eigentliche Fahrrinne zeichnet sich als schwache lineare Anomalie ab (**Taf. 38, 1**), die in Nord-Süd-Richtung über Hunderte von Metern zwischen den im Geländemodell abschnittsweise erkennbaren Aushubwällen (**Taf. 36**) verläuft. Begleitend zur magnetischen Anomalie der Fahrrinne verlaufen insbesondere auf der Westseite in unterschiedlichen Abständen sehr signalstarke lineare Strukturen, die nach Untersuchungen von A. Stele auf hocherhitzte, thermoremanente Titanomagnetite zurückzuführen sind, wie sie beispielsweise beim Brand von Ziegeln entstehen⁵²³. Weiterführende multimethodische Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Anomalie stratigrafisch unmittelbar auf dem vorbauzeitlichen mittelholozänen Boden und unter dem karolingerzeitlichen Aushub liegt⁵²⁴. Eine Thermolumineszenzdatierung ergab ein Alter von AD 811 ± 250, was in Verbindung mit der stratigrafischen Einordnung und der räumlichen Orientierung entlang der Baugrube die zeitliche Zugehörigkeit zum Bauwerk bestätigt⁵²⁵. Die stratigrafische Lage unter dem bauzeitlichen Aushub verweist außerdem auf eine Entstehung zu einem verhältnismäßig frühen Zeitpunkt der Bauarbeiten, auf jeden Fall vor Abschluss des Erdaushubs⁵²⁶. Ursprung und Genese der Anomalie sind

allerdings trotz intensiver Forschungen weiterhin rätselhaft und können vermutlich nur mit weiteren Grabungen geklärt werden.

Jenseits dieser Detailthematik ermöglichten, aufbauend auf die großflächigen Prospektionsarbeiten, mehrere Bohrtransekte und die archäologische Grabung im Bereich von Schnitt 1 detaillierte stratigrafische Einblicke und eine absolutchronologische Datierung des gesamten Trassenabschnittes C⁵²⁷.

Die Bohrtransekte QP 1–4 und KG-407 zeigen, dass der natürliche Untergrund auch hier aus fluvialen Sanden besteht, die kaum organische Substanz enthalten und in die teilweise Tonschichten limnischer Genese ein- oder aufgelagert sind. Bedingt durch den hohen Grundwasserstand hat sich auf den fluvialen Sanden in vorkarolingischer Zeit großflächig ein anmooriger Oberboden ausgebildet, der die Geländeoberfläche zum Zeitpunkt des Kanalbaus darstellt. Da für diese Bodenbildung und ihre Erhaltung eine zumindest saisonale Grundwasserbeeinflussung vorausgesetzt werden muss, ist anzunehmen, dass der minimale karolingerzeitliche Grundwasserstand nicht deutlich unter dem Niveau dieses fossilen Bodens und demnach bei etwa 416,4–416,8 m üNN gelegen hat⁵²⁸. Wie die Bohrungen, Direct-Push-Farbprofile und auch die Grabungsbefunde in Schnitt 1 zeigen (**Taf. 49; 50, 1**), wurde der fossile Boden für die Anlage des Kanals durchstoßen und etwa 2,4 m unter das bauzeitliche Laufniveau ausgeschachtet⁵²⁹.

Bauabschnitt D: nordöstlicher Bereich und Rezatanschluss

Auch in Bauabschnitt D konnte die Arbeitsgruppe um R. Koch durch Feinnivellements und Luftbildaufnahmen bereits in den 1990er-Jahren erste Anhaltspunkte für eine Fortsetzung des Karlsgrabens

⁵²⁰ Vgl. Röder 1975. – Koch 1993a, 9–21; 2002, 59–64. – Koch/Leininger 1993a.

⁵²¹ Der folgende Absatz beruht weitgehend unverändert auf Werther u. a. 2015, 160–162.

⁵²² Vgl. dazu Linzen/Schneider 2014. – Rabiger-Völlmer u. a. 2020; 2021.

⁵²³ Vgl. dazu insbesondere Stele 2017, 74–87. – Vgl. auch Berg-Hobohm u. a. 2014. – Rabiger-Völlmer u. a. 2021, 3–18.

⁵²⁴ Rabiger-Völlmer 2021.

⁵²⁵ Rabiger-Völlmer u. a. 2021, Tab. 2.

⁵²⁶ Vgl. Rabiger-Völlmer 2021, 15.

⁵²⁷ Vgl. dazu u. a. Zielhofer u. a. 2014. – Zielhofer/Leitholdt 2014. – vgl. auch Rabiger-Völlmer u. a. 2021.

⁵²⁸ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 17. – Scheffer/Schachtschabel 2002, 454–455. 515–518. – Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005, 309–310.

⁵²⁹ Vgl. u. a. Rabiger-Völlmer u. a. 2021, 10–12. – Schmidt u. a. 2019.

gewinnen⁵³⁰. Zwischen 2012 und 2014 gelang es, den Trassenverlauf mithilfe von georeferenzierten Luftbildern, digitalen Geländemodellen und geophysikalischen Messungen bis unmittelbar an den Kreuzungspunkt mit dem rezenten Rezatlauf zu verfolgen.

Die georeferenzierten Luftbilder zeigen in der Zusammenschau eine lineare Aneinanderreihung positiver Bewuchsmerkmale im Bereich der ehemaligen Fahrrinne, die partiell von Schattenmerkmalen und anderen Anomalien der Aushubwälle begleitet werden⁵³¹. Im Laserscan sind die Reste der durch die ackerbauliche Nutzung fast vollständig verschliffenen Wälle nur noch schwach erkennbar (**Taf. 63**). Sehr deutlich spiegelt sich die Fahrrinne des Kanals dagegen in den SQUID-Magnetogrammen wider (**Taf. 65**). Eine schmale lineare Anomalie lässt sich ohne Unterbrechung bis nahe an den Kreuzungspunkt mit dem rezenten Rezatlauf verfolgen⁵³². Die Interpretation als Bestandteil des karolingerzeitlichen Kanals ist durch stratigrafische Befunde und naturwissenschaftliche Datierungen im Bohrtrassekt KG 256/533 und in den Grabungsschnitten 2 und 3 abgesichert⁵³³. Der Kanal durchsticht auch in Bauabschnitt D einen fossilen Anmoorboden, der sich auf fluvialen Sanden entwickelt hat.

Der genaue Übergang zwischen Kanal und natürlichem karolingerzeitlichem Bachbett der Rezat – und damit das Nordende des Karlsgrabens – ist bislang nicht exakt lokalisiert. Der Graben lässt sich jedoch durch Bohrsondagen und Aufschlussbeobachtungen von J. Schmidt auch einige Meter nordöstlich von Schnitt 3 noch nachweisen und dürfte daher mindestens bis an den rezenten Rezatlauf reichen (**Taf. 63**)⁵³⁴. Unklar ist allerdings, wo genau das bauzeitliche Bachbett der Rezat zu lokalisieren ist und in welchem Umfang der natürliche Lauf modifiziert bzw. kanalisiert wurde, um ihn schiffbar zu machen. Dass es zu erheblichen Veränderungen und anthropogenen Eingriffen gekommen ist, zeigt be-

reits der Vergleich der modernen Morphologie des Flusses mit Altkarten des 17. und 18. Jahrhunderts (vgl. exemplarisch **Taf. 14, 2**).

Kriterien für die Wahl des Trassenverlaufes

Auf den ersten Blick fällt ins Auge, dass der Karlsgraben Altmühl und Rezat nicht auf dem kürzesten, geradlinigen Weg verbindet, sondern einen s-förmigen Verlauf mit mehreren Knicks aufweist (**Taf. 8**). Dieser Trassenwahl dürften spezifische Überlegungen der Planer zugrunde liegen. Zu denken ist insbesondere an drei mögliche Gründe, die wichtiger als die kürzeste Strecke gewesen sein könnten:

1. Eine Minimierung des Erdaushubes.
2. Die Rücksichtnahme auf den geologischen Untergrund des Baugrundes.
3. Spezifische hydrologische Anforderungen wie etwa die Notwendigkeit einer Scheitelzuleitung.

Um zu beurteilen, welche Kriterien für die Planer ausschlaggebend waren, wurde der tatsächliche Kanalverlauf auf Basis des Paläo-Oberflächenmodells mit modellierten Kanalverläufen verglichen⁵³⁵. Dabei zeigte sich, dass der theoretisch günstigste Verlauf (*least cost path*) mit dem geringsten zu bewegenden Erdvolumen und Höhenunterschied (**Taf. 28, 2**, rotbraune Linie) dem tatsächlichen Verlauf (**Taf. 28, 2**, gelbe Linie) sehr stark ähnelt. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass der Trassenwahl primär das Ziel der Minimierung des Aushubvolumens zugrunde lag und erst sekundär geologisch-hydrologische Kriterien, die R. Koch für ausschlaggebend hielt⁵³⁶. Kleinere Abweichungen zwischen dem modellierten und dem tatsächlichen Trassenverlauf (**Taf. 29, 1**, Pfeile) könnten jedoch darauf zurückzuführen sein, dass besonders feuchte Zonen in der Tiefenlinie vermieden wurden, um die Bedingungen

⁵³⁰ Vgl. Koch/Leininger 1993a, 13. – Koch 1993a, 9–15; 1993c; 2002, 60; 2008, 267–273.

⁵³¹ Vgl. Werther u. a. 2015, Abb. 3. – Globig 2014.

⁵³² Vgl. insbesondere Rabiger-Völlmer u. a. 2020.

⁵³³ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 13–16.

⁵³⁴ Mündl. Information J. Schmidt 2018.

⁵³⁵ Vgl. Schmidt u. a. 2018, 7–18.

⁵³⁶ Vgl. Koch 1996b, 10.

für die Erdarbeiten zu erleichtern – und dafür ein etwas höheres Aushubvolumen in Kauf genommen wurde⁵³⁷.

Der Trassenverlauf dürfte demnach einen Kompromiss zwischen verschiedenen Notwendigkeiten darstellen, die sorgfältig abgewägt wurden⁵³⁸. Diese Kompromisslösung setzt zwingend eine genaue

Vermessung und Geländebeobachtung voraus, die der Entscheidung demnach vorangegangen sein müssen. Quellen oder Befunde dazu fehlen, das an der Trassenwahl ablesbare hohe ingenieurtechnische Niveau lässt sich im Kleinen allerdings auch an zahlreichen Befunden der archäologischen Grabungen nachvollziehen.

Die archäologischen Ausgrabungen 2013 und 2016

In den Jahren 2013 und 2016 wurden insgesamt drei archäologische Schnitte durch den Karlsgraben gelegt. Die Ergebnisse dieser Grabungen sind Gegenstand der folgenden Kapitel. Hinsichtlich der thematischen und methodischen Breite der naturwissenschaftlichen Begleitanalysen bildet die Grabung 2013 (Schnitt 1) die maßgebliche Referenz, hier stand dem Verfasser das vollständige Spektrum für die Synthesebildung zur Verfügung. Aus der Grabung 2016 sind dagegen nur ausgewählte Begleitanalysen in diese Arbeit eingeflossen⁵³⁹.

Lokalisierung und Zielsetzung der Grabungsschnitte

Schnitt 1 (S1) im Jahr 2013 (**Taf. 8; 36; 38, 1**) sollte grundlegende Informationen zum Kanalquerschnitt, zu vermuteten Holzeinbauten, zur Datierung und zur Stratigrafie erbringen. Schnitt 2 (S2) und Schnitt 3 (S3) verfolgten im Jahr 2016 das Hauptziel, den Anschlussbereich des Kanalbauwerkes im Norden an den natürlichen Lauf der Rezat zu untersuchen, den dortigen Ausbauzustand des Kanals zu dokumentieren und datierbare hölzerne Einbauten zu bergen (**Taf. 8; 63; 65**).

Schnitt 1 – 2013

Wie bereits beschrieben, war der Verlauf der Kanaltrasse in Bauabschnitt C vor Grabungsbeginn durch umfangreiche Prospektionsarbeiten (**Taf. 36; 38, 1**) gut bekannt. Im Magnetogramm zeichnet sich die eigentliche Fahrrinne als relativ schwache lineare Anomalie ab (**Taf. 38, 1**)⁵⁴⁰. Das Magnetogramm und ergänzende Bohrungen ließen eine 5–6 m breite Fahrrinne mit einer Sohltiefe von etwa 3 m unter dem heutigen Gelände erwarten⁵⁴¹.

Der 25 m lange und 2 m breite Grabungsschnitt setzt am Fuß des westlichen Aushubwalls an und schneidet die Fahrrinne und den östlichen Randwall rechtwinklig⁵⁴². Die Grabungsfläche befindet sich unmittelbar am Westrand des Rezatriedes, einem ausgedehnten Niedermoor im Tal der Schwäbischen Rezat (**Taf. 34**). Topografisch betrachtet liegt der Kanal hier auf den flachen Ausläufern eines nach Osten zur Rezat hin abfallenden Hanges, etwa 0,5–1 m über dem Talgrund der Rezat (**Taf. 36**). Die beiden teilweise über 0,5 m hoch erhaltenen Aushubwälle östlich und westlich der eigentlichen Kanalrinne sind deutlich als Geländemerkmale erkennbar (**Taf. 36; 50, 2**). Der mindestens seit dem ersten Drittel des 19. Jahrhunderts begradigte Bachlauf der Rezat verläuft in Nord–Süd-Richtung etwa 75 m östlich des Schnittes exakt parallel zum Kanal (**Taf. 35; 36**;

⁵³⁷ Vgl. Schmidt u. a. 2018.

⁵³⁸ Vgl. Schmidt u. a. 2018, 18.

⁵³⁹ Diverse Begleitanalysen waren zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Manuskripts noch nicht abgeschlossen. Sie sollen zukünftig zusammen mit den beteiligten Spezialist*innen in Aufsatzform vorgelegt werden.

⁵⁴⁰ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, Profil KG 407. – Zur Magnetik-Anomalie Linzen/Schneider 2014, 31. – Rabiger-Völlmer u. a. 2021.

⁵⁴¹ Das gesamte folgende Kapitel basiert im Wesentlichen auf Werther u. a. 2015, 160–176.

⁵⁴² Vgl. Werther u. a. 2015, 162–163.

50, 2). Der Grundwasserpegel lag ca. 0,5–0,6 m unter der rezenten Geländeoberfläche bei etwa 416,40 m üNN. Das Grabungsareal wird heute als Grünland genutzt, auch im 19. Jahrhundert ist Grünlandnutzung belegt (**Taf. 35**).

Der geologische Untergrund besteht aus Ablagerungen pleistozäner Flusssande und -schotter, auf denen holozäne Auensedimente sowie Anmoor- und Niedermoortorfe aufliegen (**Taf. 34**). Die quartären Sande und Lehme bilden im gesamten Grabungsschnitt den geologischen Untergrund, sie wurden in verschiedenen Varietäten angetroffen (Bef. S1-14, 42, 52, 75, 78, 84, 98, 104, 105, 106). Auf diesem Schichtpaket lag ein relativ mächtiger fossiler Anmoorboden (Bef. S1-72, 73 und 74; **Taf. 55, 2**). Er bildet die Geländeoberfläche der Bauzeit und wird von der Baugrube geschnitten⁵⁴³. Diese stratigrafische Situation zeigt, dass Schnitt 1 auf den westlichsten Ausläufern des Rezatriedes liegt.

Stratigrafie, Befundgenese und Phasengliederung

Phase 0: quartäre Talfüllung

Die relativchronologisch älteste Phase (**Taf. 39**) und den geologischen Untergrund vor dem Kanalbau bildet ein Schichtpaket organikarmer quartärer (wohl pleistozäner) Sande und Lehme⁵⁴⁴. Die älteste Befundgruppe im gesamten Grabungsschnitt repräsentieren die Sande und Tone Bef. S1-105 und 106 (**Taf. 49**). Auf Bef. S1-105 lag flächig der grau-grüne sandige Lehm Bef. S1-98/104 auf, er bildet im gesamten Grabungsschnitt die bauzeitliche Kanalsohle Bef. S1-109 (**Taf. 39**). Bauzeitliche Makroreste (**Tab. 4**) und ein gegenüber Bef. S1-105 leicht erhöhter Organikgehalt (**Tab. 6**) zeigen an, dass im oberen Bereich der Schicht ein Laufhorizont erhalten ist, in den während der Bauarbeiten organisches Material eingetreten wurde.

Auf Bef. S1-104, 105 und 106 lagen die unterschiedlich lehmigen Sande Bef. S1-14, 42, 52, 75

und 78. In einigen Bereichen war es jedoch nicht möglich eindeutig zu entscheiden, ob es sich um unberührte Schichten aus Phase 0 oder gestörte bzw. kolluvial verlagerte quartäre Sedimente handelt. Dies betrifft u. a. Teile von Bef. S1-42, S1-52 und S1-78. Klarheit herrscht diesbezüglich bei Bef. S1-75, der eindeutig als Ausgangssubstrat/C-Horizont des darüber liegenden fossilen Bodens der Phase 1 anzusprechen ist.

Phase 1: fossiler Boden der Bauzeit

Bef. S1-72, 73 und 74 repräsentieren einen fossilen holozänen Anmoorboden, der von der Baugrube geschnitten wird (Bef. S1-72, 73 und 74; **Taf. 55, 2; 32, 1a**)⁵⁴⁵. Seine erhaltene Oberkante liegt bei 416,65 m üNN (**Taf. 50, 1**).

Phase 2: Baugrubenaushub und Wallschüttung

Den stratigrafisch ältesten Befund des Kanalbaus stellt in Phase 2 (**Taf. 39**) neben dem bereits erwähnten Laufhorizont in Bef. S1-104 der eigentliche Baugrubenaushub dar, der als Negativbefund bzw. Interface erhalten geblieben ist. Die Baugrube Bef. S1-109 kappt den fossilen Boden der Phase 1 sowie die fluvialen Sedimente der Phase 0 (**Taf. 32, 1b**). Grabungsbedingt und aufgrund der Probleme einer eindeutigen Trennung von anstehenden Sanden und kolluvial verlagertem Material lassen sich die Böschungswinkel der Baugrube nicht exakt bestimmen. Die Baugrubenbreite dürfte jedoch mit etwa 15 m anzusetzen sein⁵⁴⁶.

Die Kanalsohle mit dem bauzeitlichen Laufhorizont wird durch Bef. S1-98/104 gebildet (s. o.) und liegt etwa 2,4 m unter der damaligen Oberfläche⁵⁴⁷. Ihre Tiefenlinie liegt zwischen Bef. S1-104 und 77 bei 414,00 m üNN (**Taf. 49**) und ist von der Kanalmitte knapp 1 m nach Westen verschoben⁵⁴⁸. Der Sohlverlauf zeigt besonders am Ostrand des Kanals einen deutlichen Anstieg und bildet an den Rändern der Fahrrinne auf einem Höhenniveau von 414,35–414,42 m üNN (zwischen den Bef. S1-98/104 und 102

⁵⁴³ Vgl. auch Zielhofer u. a. 2014, Profil KG 407.

⁵⁴⁴ Vgl. Zielhofer/Kirchner 2014, 5. 8. – Zielhofer u. a. 2014, 7. – Schmidt-Kaler 1993, 10; 1976, 76–77.

⁵⁴⁵ Vgl. den entsprechenden Bohrbefund westlich des Grabungsschnittes in Zielhofer u. a. 2014, Profil KG 407.

⁵⁴⁶ Vgl. Werther u. a. 2015, 166.

⁵⁴⁷ Vgl. Werther u. a. 2015, 160.

⁵⁴⁸ Die bereits 1993 von R. Koch vermutete Sohltiefe ist damit abgesichert, vgl. Koch/Leininger 1993a, 14.

bzw. 100) eine Berme aus⁵⁴⁹. In die Oberfläche von Bef. S1-104 wurde während der Bauarbeiten organisches Material eingetreten, von dem sich hartschalige botanische Makroreste wie Samen von Holunder und Himbeere erhalten haben (**Tab. 4**).

Ebenfalls in Phase 2 gehört der Erdaushub Bef. S1-2, 3 und 71, der beiderseits der Baugrube abgelegt wurde und sich als deutliche Geländeerhebung erhalten hat (**Taf. 36; 40; 50, 1**).

Phase 3: Pfahlreihen am Ost- und Westrand der Baugrube

In Phase 3 (**Taf. 39**) wurde an beiden Rändern der Baugrube eine uferparallele Reihe von Eichenpfählen eingerammt, um die Böschung zu stabilisieren (**Taf. 32, 1c; 47; 49; 54, 2; 58, 2; 59, 2**). An der Westseite liegen Bef. S1-80, 81, 82, 83, 87 und 107, zur Ostseite gehören Bef. S1-88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 103 und 108 (**Taf. 47**).

Die relativchronologische Beziehung zum jüngsten Abschnitt von Phase 2 – dem Aushub der eigentlichen Fahrrinne – ist nicht eindeutig zu bestimmen. Entweder die Pfähle wurden erst nach dem vollständigen Aushub bis zur finalen Sohlentiefe eingerammt bzw. eingedreht, oder das Einrammen bzw. Eindrehen erfolgte von einem Zwischenniveau aus und erst danach wurde das wenig standfeste Erdreich innerhalb der stabilisierenden Böschungssicherung abgegraben⁵⁵⁰.

Klar ist, dass die Pfähle die älteren Sande und Tone Bef. S1-98/104 und 105 durchstoßen (**Taf. 49; 60**). Im Böschungsbereich ist die stratigrafische Beziehung zu den anstehenden Schichten nicht immer eindeutig, die Pfähle scheinen jedoch auf der von Bef. S1-78 und den nicht verlagerten Teilen von Bef. S1-52 bzw. 66 (**Taf. 49**) gebildeten Böschung aufzuliegen. Eine eindeutige Ansprache ist dadurch erschwert, dass die meisten Pfähle deutlich zur Fahrrinne geneigt bzw. verdrückt aufgefunden wurden⁵⁵¹. Dies ist vermutlich auf sekundäre Prozesse zurückzuführen

und dürfte mit einer teilweisen Verlagerung der böschungsbildenden Schichten einhergegangen sein. Die ursprüngliche Fahrinnenbreite lässt sich durch die Verlagerung und Verkippung der Pfähle nur grob mit 5,2–5,3 m rekonstruieren, eine geringfügig größere Breite ist nicht auszuschließen⁵⁵².

Die Böschungssicherung setzt sich aus mindestens drei konstruktiven Elementen zusammen: Das Kernstück bilden uferparallele Pfahlreihen am Böschungsfuß (Element 1). Diesen Pfahlreihen sind an einigen Stellen im Inneren der Fahrrinne identisch orientierte Pfähle mit einigen Zentimetern Abstand vorgeblendet (Element 2). Am Westrand der Fahrrinne war außerdem ein Pfahl mit einer Ausarbeitung am Kopfende im 90°-Winkel innen vor die Pfahlreihe gesetzt (Element 3).

1. Die Hölzer der uferparallelen Pfahlreihen (Element 1) zeigen ein relativ einheitliches Erscheinungsbild (**Taf. 116–118; 120; 122–125**). Alle Pfähle haben im Kopfbereich rechteckige Querschnitte mit 23–28 cm Breite und 7–9 cm Stärke (**Tab. 15**). Die ursprünglichen Pfahllängen lassen sich aufgrund der Verwitterung der Kopfbereiche nur abschätzen. Die erhaltenen Längen betragen 149–190 cm mit einem Median bei 168 cm, die Einramm- bzw. Eindrehtiefen variieren zwischen 120 und 164 cm⁵⁵³. Lediglich bei Bef. S1-81 mit 174 cm Länge war der schräg abgebeilte Pfahlkopf teilweise erhalten (**Taf. 74**). Die meisten Pfähle weisen an der zur Fahrrinne hin orientierten Oberfläche eine ausgeprägte Verwitterungszone auf. Ihre Unterkante liegt zwischen 414,43 und 414,54 m üNN und ist an den Kanalrändern identisch mit dem Höhenniveau der Kanalsohle Bef. S1-109 bzw. der Oberkante von Bef. S1-104. Die tiefsten Verwitterungsspuren am Ost- und Westufer stimmen mit 414,43 m üNN zentimetergenau überein, der Böschungsfuß lag demnach ca. 43 cm über dem tiefsten Punkt der Fahrrinne.

Die Verwitterungszone der Pfähle reicht auf der Westseite des Kanals maximal 43 cm hoch bis

⁵⁴⁹ Vgl. Werther u. a. 2015, 167. – Vgl. auch die Ausführungen zum Höhenniveau der Verwitterungszone der Pfähle in Phase 3.

⁵⁵⁰ Vgl. dazu Werther u. a. 2015, 171. – Prinzipiell kommt neben dem Einrammen auch ein Eindrehen infrage, erscheint allerdings, nicht zuletzt aufgrund der Pfahlquerschnitte, weit weniger wahrscheinlich. Im Folgenden wird daher nur noch von Einrammen gesprochen.

⁵⁵¹ Vgl. dazu Werther u. a. 2015, 171.

⁵⁵² Vgl. Werther u. a. 2015, 171.

⁵⁵³ Im Schnitt wurde etwa $\frac{3}{4}$ der Pfahllänge im Boden versenkt. Die Pfähle am Ostufer sind etwas tiefer eingerammt als diejenigen am Westufer.

414,86 m üNN, auf der Ostseite maximal 37 cm hoch bis 414,80 m üNN. Die Höhenvarianz der erhaltenen Verwitterungszonen zeigt, dass die Pfahlköpfe unterschiedlich stark abgebaut sind. Bei den am höchsten erhaltenen Pfählen dürften im Kopfbereich nur wenige Zentimeter fehlen, bei anderen Pfählen wie Bef. S1-91 (**Taf. 122**) dagegen deutlich mehr. Die auch im Bereich der Verwitterungszone teilweise erhaltenen Schlagfacetten an den Holzoberflächen und die bis zur Abbauzone hervorragende Holzsubstanz zeigen, dass der Zersetzungsprozess die Hölzer im Wesentlichen von oben angegriffen hat. Der verstärkte Abbau der Hölzer, für den als Ursache eine zumindest temporäre Luft-Wasser-Wechselzone mit Sauerstoffeinfluss zu vermuten ist, setzt zwischen 414,60 und 414,80 m üNN ein⁵⁵⁴. Unter dieses Niveau kann der (Grund-)Wasserspiegel nach dem Bau nie längerfristig gefallen sein.

Der teilweise erhaltene Pfahlkopf von Bef. S1-81 mit einer Oberkante bei 414,78 m üNN einerseits und der höchste nicht erhaltene Pfahlkopf von Bef. S1-82 bei 414,86 m üNN andererseits belegen, dass die Pfähle unabhängig von der Verwitterung nicht auf gleicher Höhe abgeschlossen haben. Dies bestätigt der besser erhaltene Holzverbau in Schnitt 2 (**Taf. 78, 2**), wo die im Originalzustand erhaltenen Oberkanten ebenfalls um bis zu 11 cm variieren.

Die Höhe der Böschungssicherung über der Kanalsohle am Böschungsfuß lässt sich zusammenfassend mit maximal 45–50 cm rekonstruieren und die höchsten Pfahlköpfe reichten bis 414,80–414,90 m üNN⁵⁵⁵. Der Holzverbau reicht damit 80–90 cm über den tiefsten Punkt der Fahrrinne bei 414,00 m üNN. Die maximal geplante Wassertiefe ist daher mit 80–90 cm anzusetzen, an den beiden Rändern der Fahrrinne ist von der Hälfte dieses Wertes auszugehen.

Alle Pfähle waren mit der Spaltfläche zur Böschung und mit der abgearbeiteten Splintseite zur Fahrrinne ausgerichtet. Da im Kopfbereich der

Pfähle möglicherweise verwitterungsbedingt einige Zentimeter Pfahlquerschnitt des Splintholzes fehlen (**Tab. 15, Dm. Stamm vs. Breite in cm**), Dm. Stamm vs. Breite in cm, könnten die Pfähle beim Rammen am Kopfende enger gesetzt gewesen sein, als es der Ausgrabungszustand vermittelt (**Taf. 47; 59, 2**). Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass eine geschlossene und exakt gefluchtete Pfahlwand intendiert war. Da die Zuspitzung der Pfähle sehr hoch reicht, bestanden zwangsläufig größere Lücken zwischen den Hölzern. Dass das Einrammen außerdem nicht durchweg präzise erfolgte, zeigt die nicht immer regelmäßige Reihung der Pfähle (besonders deutlich bei Bef. S1-94 und 95)⁵⁵⁶.

2. Das zweite konstruktive Element bilden die Pfähle Bef. S1-90, 99 und 108, die mit einigen Zentimetern Abstand vor die Innenseite der Pfahlreihe (Element 1) gesetzt sind (**Taf. 59, 1**)⁵⁵⁷. Diese vorgeblendeten Pfähle wurden mit identischer Querschnittorientierung eingerammt bzw. eingedreht, die Pfahlköpfe liegen im Schnitt jedoch deutlich niedriger als diejenigen von Element 1 (**Taf. 47; 49**). Nur Bef. S1-90 (**Taf. 121**) konnte geborgen werden und weist einige Besonderheiten auf: Sein Querschnitt ist mit 18 cm × 11 cm eher balkenartig. Von allen erfassten Pfählen war er außerdem am tiefsten gegründet, was auf eine besondere konstruktiv-statische Funktion verweist. Möglich wäre beispielsweise, dass zwischen den Wandpfählen (Element 1) und den vorgesetzten Pfählen (Element 2) Horizontalbohlen bzw. Kanthölzer eingebracht waren bzw. eingebracht werden sollten, um den Böschungsverbau abzudichten⁵⁵⁸.

3. Das dritte konstruktive Element bildet der Pfahl Bef. S1-85, der im 90°-Winkel innen vor die westliche Pfahlreihe gesetzt ist (**Taf. 47; 60; 119**)⁵⁵⁹. Etwa 17 cm über der Kanalsohle setzt mittig ein 14 cm breites Zapfenloch bzw. eine Schlitzung an, deren oberer Abschluss nicht erhalten ist. Es ist an-

⁵⁵⁴ Zum Zersetzungsprozess von Hölzern im Wasserbau exemplarisch Kalmring 2010, 340. – Vgl. außerdem Zimmermann 1998, 50–63. – Schultze 2008, 77–78. – Ridout 2000, 32.

⁵⁵⁵ Die Re-Evaluierung aller Daten unter Einbeziehung der 2016 ergraben Befunde ergab gegenüber Werther u. a. 2015, 171 eine Korrektur der Höhenwerte.

⁵⁵⁶ Vgl. Werther u. a. 2015, 171.

⁵⁵⁷ Vgl. dazu bereits Werther 2016, 105.

⁵⁵⁸ Zu entsprechenden Konstruktionen im neuzeitlichen Kanalbau Hagen 1844, 106–107.

⁵⁵⁹ Ein vergleichbarer Befund auf der Ostseite wurde nicht erfasst. Dies kann jedoch an der geringen Schnittbreite liegen. – Vgl. dazu bereits Werther 2016, 105–106.

zunehmen, dass in dieser Aussparung ein Querriegel geführt bzw. dort verzapft war (**Taf. 33, 1**). Der Pfahl Bef. S1-85 ist mit 120 cm von allen dokumentierten Pfählen allerdings am flachsten gegründet, was nicht für ein Bauteil spricht, das dem seitlichen Böschungsdruck entgegenwirken sollte. Auch die Lage des vermuteten liegenden Querholzes nahe der Kanalsohle wirft Fragen nach der statischen Funktion auf. Am plausibelsten erscheint es, dass der Pfahl eine vertikale Last abtragen sollte. Von allen 793 eingeschlagenen Pfählen aus Schnitt 1 liegen nur für Bef. S1-85 dendroarchäologische Indizien vor, die darauf hinweisen, dass er aus einem abweichenden Baumbestand stammt (**Tab. 15**)⁵⁶⁰. Auffällig sind außerdem die verhältnismäßig gute Erhaltung der Holzoberflächen im Bereich der Verwitterungszone, die fast vollständige Erhaltung des Querschnittes im Kopfbereich und die Höhenlage der Ausarbeitung nahe der Kanalsohle. Es wäre daher denkbar, dass Bef. S1-85 erst sekundär nach Fertigstellung der Konstruktionselemente 1 und 2 eingebaut wurde.

Die Waldkanten der Pfähle Bef. S1-81, 85, 89, 92, 93 und 94 lassen sich einheitlich an das Ende der Vegetationsperiode 793 datieren. Da die dickwandigen Spätholzzellen bereits ausgebildet sind, während die für den Beginn des Winters charakteristischen flachen und sehr engringigen Faserzellen noch fehlen, wurden die Bäume im Spätsommer/Herbst eingeschlagen (**Tab. 15; Taf. 114, 2–4**)⁵⁶¹. Weil unterhalb der Verwitterungszone Lagerspuren wie oberflächlicher Pilzbefall fehlen, muss das Einrammen zeitnah nach dem Holzeinschlag im Spätsommer/Herbst 793 erfolgt sein. Etwas früher könnte das Holz für den Pfahl S1-82 eingeschlagen worden sein, bei dessen Waldkante Spätholztracheiden fehlen (**Tab. 15; Taf. 114, 1**).

Phase 4: Versturzsprozesse auf und vor der Böschung

Nach dem Einbau der Böschungssicherung kommt es in Phase 6 (**Taf. 39**) zu umfangreichen kolluvialen Materialverlagerungen im Böschungsbereich der Baugrube (**Taf. 32, 1d; 53, 2; 54, 2; 57, 1**). Auf der westlichen Böschung lagen über und innen vor den Pfählen die Sandschichten Bef. S1-77 und 76 (**Taf. 49; 52, 2**). In das ältere Kolluvium Bef. S1-77 waren mehrere Bauholzabfälle eingelagert (**Tab. 2; 15**)⁵⁶². Die Schicht ist im Böschungsbereich am mächtigsten, schmale Ausläufer reichen jedoch bis in den tieferen Mittelteil der Baugrube (**Taf. 49**). In den jüngeren Versturz Bef. S1-76 waren zahlreiche Pflanzenreste eingelagert, darunter Rinde, Ästchen, Laubblätter, Samen von Himbeere und Holunder sowie erhebliche Mengen Große Brennnessel (**Tab. 4**). In beiden Kolluvien fanden sich außerdem Weidenhölzer ohne Bearbeitungsspuren (**Tab. 3**).

Auf der großflächiger erfassten östlichen Böschung ist die Befundsituation etwas komplexer, grundsätzlich jedoch mit dem Westrand vergleichbar. Auf und innen vor der Pfahlreihe liegen die sandigen Kolluvien Bef. S1-66, 97 und 101/63/64 (**Taf. 49; 53, 2; 54, 2; 59, 1**). Sie enthielten neben einzelnen Bauholzspänen (**Tab. 2**) mehrere Weidenrundhölzer ohne Bearbeitungsspuren (**Tab. 3**). Hangaufwärts bilden Bef. S1-13/52 und darüber S1-6 die Fortsetzungen der Versturzsichten (**Taf. 49; 51, 2; 52, 1; 54, 1; 55, 1**). Sedimentologisch ähnelt Bef. S1-6 den anstehenden Sanden aus Phase 0 wie Bef. S1-75. In das sandige Ausgangssubstrat waren allerdings zahlreiche unbearbeitete Weidenhölzer eingebettet (**Tab. 3**), außerdem ein Schlackefragment (**Taf. 141, 15**), Holzkohlefutter und einzelne Haustierknochen bzw. Knochenhackbruch. In den stark fleckigen und inhomogenen Bef. S1-13 (**Taf. 52, 1**) scheinen Teile des anmoorigen Oberbodens Bef. S1-72-74 eingearbeitet zu sein. Während im Molluskenspektrum von Bef. S1-6 Sumpf- und Süßwasserarten noch völlig fehlen, sind diese in den schwer interpretierbaren

⁵⁶⁰ Vgl. dazu bereits Werther 2016, 110.

⁵⁶¹ Pers. Mitteilung F. Herzig, 24.8.2018.

⁵⁶² Diese Holzreste (Fz. 318) waren zum Zeitpunkt der ersten Bearbeitungen noch nicht ausgewertet, vgl. Werther u. a. 2015, 169–176 und Werther 2016.

Torfen Bef. S1-49 und 65 bereits vereinzelt vertreten (**Tab. 5; Taf. 49; 55, 1**).

Aufgrund von statischen Problemen konnten diese in Phase 4 gehörigen Befunde nicht vollständig freigelegt werden. Die Schicht liegt jedoch eindeutig zwischen den Kolluvien Bef. S1-66 bzw. 52 und S1-6 und zieht sich als schmales Band hangaufwärts. Die Torfbildung deutet an, dass innerhalb von Phase 4 eine größere zeitliche Tiefe steckt. Nach den ersten Versturzprozessen während oder unmittelbar nach der Bauzeit (Bef. S1-52 und 66) scheint eine Phase der Torfbildung eingesetzt zu haben, die dann von jüngeren Kolluvien (Bef. S1-6) unterbrochen wurde.

Nicht eindeutig zu klären ist der zeitliche Bezug dieser jüngsten Kolluvienbildung zu Phase 5 und 6 bzw. insbesondere zur Bildung des Faulschlammpaketes Bef. S1-58/102. Im Übergangsbereich der relevanten Schichten über den Pfählen Bef. S1-88, 99 und 103 (**Taf. 49**) war eine eindeutige Trennung der chaotisch gelagerten sandigen Kolluvien nicht möglich. Es ist daher nicht auszuschließen bzw. sogar zu vermuten, dass Teile der westlichen Ausläufer von Bef. S1-6, 66 und 101 im Profil (**Taf. 49**) während der Grabung nicht korrekt abgegrenzt und zugeordnet wurden. Dies könnte bedeuten, dass die hangaufwärts liegenden Teile des Kolluviums Bef. S1-6 eigentlich stratigrafisch jünger sind als der Faulschlamm Bef. S1-58/102 – und der Torf Bef. S1-49/65 mehr oder weniger gleichzeitig mit dem Faulschlamm entstanden ist.

Unabhängig von dieser Detailfrage können für Phase 4 wichtige chronostratigrafische Beobachtungen festgehalten werden: Zwischen der Kanalsohle Bef. S1-104 bzw. 109 und den kolluvial verlagerten Sanden Bef. S1-66, 77 und 97 wurden keine Faulschlämme oder Torfe und auch keine anders garteten Zwischenschichten abgelagert. Fast alle Pfähle aus Phase 3 weisen zwar an der Innenseite eine Verwitterungszone auf, selbst das empfindliche Splintholz, das der niedrigsten Dauerhaftigkeitsklasse im Bereich von Bauhölzern zuzuordnen ist, hat sich je-

doch seitlich erhalten⁵⁶³. Die Holzoberfläche muss also so lange offen gelegen haben, dass es zu einer oberflächlichen Verwitterung, nicht aber zu einer tiefergreifenden Schädigung der Holzsubstanz kam – und auch nicht zu einer Ablagerung von Torfen oder Faulschlämmen. Zwischen dem Aushub der Kanalsohle in Phase 2 und dem Einfließen der Sande in Phase 4 kann demnach kein großes Zeitfenster gelegen haben – vorgeschlagen wird ein zeitlicher Abstand von einigen Wochen oder Monaten⁵⁶⁴.

Die ¹⁴C-Datierung einer präparierten Probe eines kurzlebigen Weidenastes aus Bef. S1-6 liefert im 2-sigma-Bereich einen *terminus ante quem* im Jahr 878. Bedingt durch die große Datierungsspanne trägt dies jedoch nicht zur Präzisierung der chronologischen Einordnung von Phase 4 bei.

Phase 5: Ablagerung von Bauholzresten auf Versturzschichten

Auf eine geringe zeitliche Tiefe zwischen Phase 2 und Phase 6 weisen auch zwei größere bauzeitliche Eichenhölzer aus Phase 5 hin (**Taf. 39**). Auf der Oberfläche des Kolluviums Bef. S1-66/97 und damit an der Basis des Faulschlammes Bef. S1-58/102 lag das Spaltholz Bef. S1-79 und das stark erodierte Seitenbrettfragment Bef. S1-100 (**Taf. 47; 49; 58, 1; Tab. 15**). Beide Hölzer datieren dendrochronologisch in die Karolingerzeit, es sind jedoch keine Waldkanten erhalten (**Tab. 15**).

Phase 6: Ablagerung von Faulschlamm auf der Grabensohle

Unmittelbar nach der Ablagerung der Bauhölzer in Phase 5 wurden diese in Phase 6 (**Taf. 39**) von den mächtigen schluffig-tonigen Faulschlammpaketen Bef. S1-58/102 überdeckt (**Taf. 47; 49; 57, 2; 58, 1**). Sie repräsentieren eine limnische Fazies, die sich auf dem Grund einer stillstehenden oder schwach fließenden Wasserfläche gebildet haben muss (**Taf. 32, 1e**)⁵⁶⁵. Der stärker tonhaltige ältere Bef. 102 (**Tab. 6**) enthielt zahlreiche Holunder- und Himbeer-

⁵⁶³ Zur Klassifizierung der Dauerhaftigkeit Schmidt 2000, 2. – Nach Augusta u. a. 2008 zeigt Eichenkernholz mit Erdkontakt im ersten Jahr die höchsten Abbauraten der Holzsubstanz. – Vgl. auch Ridout 2000, 32.

⁵⁶⁴ Vgl. dazu St. Cartwright/Findlay 1958, 126: »Fungi which cause decay develop more slowly, but under favorable conditions can bring about in a few months serious deterioration«.

⁵⁶⁵ Vgl. Leitholdt 2016, 316–317. – Zielhofer u. a. 2014. – Scheffer/Schachtschabel 2002, 514–515.

samen (**Taf. 146**), die als Relikte der Initialvegetation nach dem Kanalbau zu deuten sind. Eingelagert waren außerdem einige bearbeitete und unbearbeitete Hölzer (**Tab. 2–3**).

Der Faulschlamm konnte ausschließlich im östlichen Teil der Fahrrinne dokumentiert werden, während weiter westlich die Torfschichten Bef. S1-47/68 unmittelbar auf der Kanalsohle Bef. S1-109 aufliegen (**Taf. 49**). Es ist unklar, ob die Faulschlämme ursprünglich im gesamten Kanalquerschnitt akkumuliert wurden und der Westteil durch natürliche oder anthropogene Prozesse ausgeräumt wurde, oder ob die Sedimentation nicht in der gesamten Fahrrinne erfolgte.

Die Stratigrafie und der dendrochronologische *terminus post quem* der Bauhölzer unter Bef. 58/102 datieren die Faulschlamm-Bildung in die Jahre und Jahrzehnte unmittelbar nach 793. Mehrere ¹⁴C-Datierungen von kurzlebigen botanischen Material aus dem Faulschlamm und darüber liegenden Schichten liefern im 2-sigma-Bereich einen *terminus ante quem* in den Jahren 863 (S1-56/58), 872 (S1-68), 883 (S1-102) und 937 (S1-58) (**Tab. 8**). Aufgrund der Datierung des stratigrafisch jüngeren Bef. S1-68 vor das Jahr 872 und der Datierung des Übergangsbereiches Bef. S1-58/56 in das Jahr 863 ist davon auszugehen, dass die Faulschlamm-Bildung spätestens im dritten Viertel des 9. Jahrhunderts abgeschlossen war.

Phase 7: Bildung eines älteren Torfpaketes

Nach dem Abschluss der Kolluvien- und Faulschlamm-Bildung kommt es in Phase 7 (**Taf. 39**) zur Ablagerung der Torfschichten Bef. S1-47, 67, 68 und 70 in der ehemaligen Baugrube. Zugehörig sind außerdem die Schwemmschichten Bef. S1-44, 54 und 56 (**Taf. 49**). Relativchronologisch ganz am Anfang dieser Phase steht mit Bef. S1-86 ein Holunder-Stammfragment (*Sambucus* sp.), das im westlichen Böschungsbereich in die Fahrrinne hinein verkippt ist (**Taf. 47; 52, 2; Tab. 8**). Der Stamm liegt unmittelbar auf dem Kolluvium Bef. S1-77 aus Phase 4 sowie dem Kopfbereich des Pfahles S1-87 aus Phase 3 auf und liegt gleichzeitig im Sohlbereich der ältesten

Torfe Bef. S1-47/68. Eine ¹⁴C-Datierung des äußersten Jahrringes des Holunderstammes liefert im 2-sigma-Bereich einen *terminus ante quem* im Jahr 877. Eine weitere ¹⁴C-Datierung von kurzlebigen botanischen Material aus dem ältesten Torfpaket Bef. S1-68 liefert einen sehr ähnlichen *terminus ante quem* im Jahr 872 – die Torfbildung muss demnach vor den 870er-Jahren eingesetzt haben.

Die ältesten Torfe Bef. S1-47 und 68 sind vor allem im Böschungsbereich bzw. an den Rändern der Rinne stark durchwurzelt und zeigen eine dichte Bruchwaldvegetation an, die primär aus Weidengebüsch bestand (**Taf. 49; 56, 2; 57, 1; Tab. 3**). Durch einzelne Holzreste und gut erhaltene Blätter sind außerdem Pappeln belegt (**Tab. 2**). Die sehr vielfältigen botanischen Makroreste zeigen einen dichten Bewuchs mit Großer Brennnessel, die im Samenspektrum deutlich dominiert. Im Zentralbereich der Rinne fehlen Wurzelstöcke, dafür verweisen dort große Mengen von Halmen, Rhizomen und Samen auf einen Bewuchs aus Schilf und anderen Röhrichtarten. Reste von Holunder, Himbeere, Brombeere, Kratzbeere und Weide verweisen auf den Bewuchs der Ufer- und Böschungsbereiche⁵⁶⁶.

Zwischen verschiedenen Phasen der Torfbildung haben sich der jeweiligen Oberfläche bzw. dem Böschungsverlauf folgend als dünne Bänder die ockerfarbenen schluffig-tonigen Schwemmschichten Bef. S1-54 und 56 abgelagert. Sie trennen in vielen Bereichen ältere Schichten von etwas jüngeren Torfen wie Bef. S1-67 und 70 (**Taf. 46; 49; 53, 1–2; 56, 2**). Es ist davon auszugehen, dass es sich um Suspensionsfracht handelt, die bei kurzfristigen Änderungen der Transportenergie und/oder Sedimentfracht – beispielsweise Starkregen oder Hochfluteintritt – flächig am Grund der Rinne abgelagert wurde. Hangaufwärts laufen diese Trennschichten auf einer Höhe von etwa 415,00 m üNN aus.

Von der Wasserführung zeugt neben Fischresten und einzelnen Süßwassermollusken aus verschiedenen Befunden (**Tab. 5**) der deutlich ausgeprägte Spülsaum Bef. S1-44 mit großen Mengen zerriebener Muschelschalen im ehemaligen Uferbereich auf der

566 Vgl. Zach 7.11.2016.

östlichen Böschung (**Taf. 44; 49**). Der Spülsaum, der in Phase 7 und 8 einzuordnen ist, befindet sich auf einer Höhe von 415,95–416,25 m üNN. Die ehemalige Baugrube muss also über einen längeren Zeitraum bis zu diesem Niveau, das dem rezenten Grundwasserpegel bei 416,40 m üNN sehr nahekommt, mit Wasser gefüllt gewesen sein.

Phase 8: Bildung eines jüngeren Torfpaketes

In Phase 8 (**Taf. 39**) haben sich unter weiterhin semi-terrestrischen Bedingungen die jüngeren Torfe und Schwemmschichten Bef. S1-41, 43, 48, 57 und 61 gebildet (**Taf. 32, 1f**).

Auf der östlichen Böschung und dem älteren Kolluvium Bef. S1-6 liegt der sehr holzreiche Torf Bef. S1-41 (**Taf. 44–45; 49; 51, 2; 56, 2; 57, 1**). Den Uferbereich markiert der bereits in Phase 7 diskutierte Spülsaum Bef. S1-44 mit zerriebenen Mollusken. In den Bruchwaldtorf waren große Mengen an Hölzern eingelagert, wobei Weide (*Salix* sp.) deutlich dominiert (**Tab. 3**). Zu diesen Hölzern gehört Bef. S1-48. Dem Buschwerk und lockeren Baumbestand entlang des Kanals sind zahlreiche Molluskenarten aus dem ehemaligen Uferbereich zuzuordnen, während Süßwasserarten in den tieferen uferfernen und dauerhaft wasserführenden Rinnenbereichen vorherrschen (**Tab. 5**).

Auf der westlichen Böschung der Rinne liegt der Torf Bef. S1-43, dem Bef. S1-41 auf der Ostseite entspricht (**Taf. 45–46; 49; 52, 2; 56, 2**). Wiederum dominieren Weidenreste das Holzspektrum (**Tab. 3**). Zahlreich waren außerdem Halme und Rhizome von Röhrichtarten vertreten, die einen schilfartigen Bewuchs im Uferbereich anzeigen. Auf der Oberfläche von Bef. S1-43 lag als Deckschicht die schluffig-tonige ockerfarbene Schwemmlage Bef. S1-57, die in ihren Charakteristika den älteren Schwemmschichten Bef. S1-54 und 56 entspricht (**Taf. 49**).

Zwischen Bef. S1-41 auf der Ostseite und Bef. S1-43 auf der Westseite hat sich in der Rinnenmitte der Torf Bef. S1-61 abgelagert. Da er die Schwemmschicht Bef. S1-57 überlagert (**Taf. 49**), ist er relativchronologisch etwas jünger einzuordnen. Die Abgrenzung zu verschiedenen verlagerten Torfschollen aus Phase 9 (Bef. S1-43 verlagert, Bef. S1-59) ist dabei nicht eindeutig zu klären. Das Holzartenspektrum entspricht

Bef. S1-41 und 43, es wird durch Weide (*Salix* sp.) dominiert. Im Molluskenspektrum sind ausschließlich Süßwasserarten vertreten (**Tab. 5**).

Diverse bearbeitete Hölzer aus den Torfschichten Bef. 41, 43 und 61 (**Tab. 2**) und mehrere Knochenfragmente des Hauspferdes aus Bef. S1-41 verweisen auf eine Begehung und anthropogene Nutzung des Areals und der entlang des Kanals nachweisbaren Gehölze.

Ein ¹⁴C-Datum aus einem kurzlebigen Weidenast aus Bef. S1-43 ergab im 2-sigma-Bereich ein Datierungsintervall zwischen 893 und 989 (**Tab. 8**). Einen *terminus ante quem* in den Jahren 1153 (Bef. S1-19) und 1206 (S1-50/51) liefern zwei ¹⁴C-Daten aus den relativchronologisch folgenden Phasen 9 und 10 (**Tab. 8**). Für Phase 8 und die Bildung der jüngeren Torfe ist daher ein Kernzeitraum im 10. Jahrhundert anzusetzen, wobei nicht auszuschließen ist, dass das Torfwachstum bis in das 11./frühe 12. Jahrhundert angedauert hat.

Phase 9: Ablagerung älterer Mudden und Abrutschen von Torfschollen

In Phase 9 (**Taf. 39**) ändern sich die Sedimentationsbedingungen innerhalb der ehemaligen Baugrube grundlegend. Das Torfwachstum endet und die mächtigen tonig-schluffigen Mudden Bef. S1-50, 51 und 55 haben sich in der verbleibenden Rinne abgelagert (**Taf. 49**). Während der Bildungszeit dieser limnischen Sedimente sind von beiden Böschungen große Torfschollen hangabwärts gerutscht. Diese Torfe Bef. S1-59 und Bef. S1-43verl. sind chaotisch mit den Mudden Bef. S1-50, 51 und 55 verzahnt (**Taf. 49; 52, 2; 53, 1**). Auf wechselnde Sedimentationsbedingungen im Laufe von Phase 9 verweisen Sprünge im Schluff- und Tongehalt (**Tab. 6**), auch die eingelagerte Sandlinse Bef. S1-60 (**Taf. 49**) ist entsprechend zu deuten.

Vor der Ablagerung von Bef. S1-50 und 51 ist eine Erosionsphase zu erschließen, da die Basis der Befunde S1-50 und 51 teilweise rinnenartig in die älteren Torfe Bef. S1-47/68 und 61 einschneidet und dabei die schluffig-tonigen Laminierungen Bef. S1-54 und 56 kappt (**Taf. 49**). Es ist zu vermuten, dass die damit einhergehende Versteilung der Böschungen in Verbindung mit den als Gleitschicht fungieren-

den Schlufflagen das Abrutschen großer Torfpakete begünstigte⁵⁶⁷.

Die botanischen Makroreste aus Bef. S1-50/51 beinhalten Gewöhnlichen Froschlöffel und Zungen-Hahnenfuß, die auf eine offene Wasserfläche schließen lassen. Fieberklee verweist ebenfalls auf offenes Wasser in engem Kontakt zu Mooren und Torfschlamm-Böden. Daneben sind zahlreiche Arten grünlandartiger Vegetation zu finden, die zusammen mit Pollenkörnern von Gilbweiderich, Ampfer, Sauergräsern und auffallend viel Spitz- oder Breitweigerich eine Trittflur mit Grünlandnutzung entlang des Grabens anzeigen (**Tab. 4**). Im Makorestspektrum der stratigrafisch jüngeren Muddes Bef. S1-55 waren in großer Zahl Wurzeln, Halme und Blätter von Röhrichten und Großseggen enthalten, die aufgrund der Quantität auf den direkten Wuchsstandort im Uferbereich schließen lassen. Im Vergleich mit den Torfschichten waren in Bef. S1-50, 51 und 55 deutlich weniger Holzreste eingelagert, weiterhin dominiert aber die Weide (**Tab. 2–3**).

Das ausgesprochen reichhaltige Molluskenspektrum aus Bef. S1-50/51 beinhaltet im Gegensatz zu den älteren Torfschichten ausschließlich Süßwasserarten (**Tab. 5**). Das Vorkommen der Linsenförmigen Tellerschnecke (*Hippeutis complanatus*) belegt ein stehendes, pflanzenreiches Gewässer⁵⁶⁸. Dies wird durch das Artenspektrum der Ostrakoden zusätzlich unterstrichen (**Tab. 7**). In Bef. S1-55 dominiert die anspruchslose Gemeine Schnauzenschnecke (*Bithynia tentaculata*), die stehende und mäßig fließende Gewässer auf detritusreichen Substraten bevorzugt (**Taf. 142, 5**). Auf weitgehend stehendes Wasser verweist auch das Artenspektrum der Ostrakoden aus Bef. S1-55 (**Tab. 7**). Flutender Hahnenfuß lässt dagegen zumindest temporär fließendes Wasser vermuten. Dies wird durch Arten der Unkrautflora von Äckern und Gärten gestützt, die aus einer weiteren Entfernung angeschwemmt sein dürften.

Zusammenfassend lässt sich für Phase 9 im Graben ein stillstehendes oder langsam fließendes Gewässer rekonstruieren, das möglicherweise temporär stärker durchflossen wurde. An den Ufern standen

Röhricht und Weidengebüsch, entlang des Gewässers ist Grünland mit Trittfluranzeigern nachweisbar. Einen absolutchronologischen Anhaltspunkt für Phase 9 liefert ein ¹⁴C-Datum aus Befund S1-50/51 (**Tab. 8**). Das kurzlebige botanische Material datiert im 2-sigma-Bereich zwischen 1043 und 1206. Eine weitere Datierung von kurzlebigen Proben aus dem stratigrafisch jüngeren Befund S1-19 (**Tab. 8**) markiert einen *terminus ante quem* im Jahr 1153. Phase 9 datiert damit in das 11. bis mittlere 12. Jahrhundert.

Phase 10: Ablagerung jüngerer Mudden

Auch in Phase 10 (**Taf. 32, 1g; 39**) bestand weiterhin eine offene Wasserfläche, in der sich tonig-schluffige Mudden bilden konnten, die in ihrem Erscheinungsbild jedoch etwas von den Schichten aus Phase 9 abweichen.

Die stratigrafisch ältesten Schichten sind Bef. S1-33 im Ostteil der Rinne und Bef. S1-18/19 im West- und Mittelteil (**Taf. 49; 51, 2; 53, 1; 55, 1**). Die schluffig-tonigen Mudden enthielten zahlreiche unbearbeitete und bearbeitete Hölzer unterschiedlichster Waldgesellschaften, die zumindest teilweise von grabenfernen Standorten stammen müssen (**Tab. 2–3**). Aus diesem Schichtpaket stammen die ältesten Funde von Gemeinem Wacholder (*Juniperus communis*). In dem sehr reichhaltigen Molluskenspektrum (**Tab. 5**) dominieren Süßwasserarten. Das Vorkommen der Linsenförmigen Tellerschnecke (*Hippeutis complanatus*) belegt wie in Phase 9 ein stehendes, pflanzenreiches Gewässer⁵⁶⁹. Dies wird durch die botanischen Makroreste unterstützt, die von Seggenarten dominiert werden. Auch das Vorkommen von Armleuchteralgen und verschiedene Röhrichtarten zeigt offenes Wasser an. Entlang des Grabens ist trittbelastete, niedrige Vegetation und etwas höher wachsende Hochstaudenflur rekonstruierbar.

Im stratigrafisch jüngeren Teil von Phase 10 haben sich im Ostteil die tonig-schluffigen Mudden Bef. S1-31 und 30 sowie im West- und Mittelteil der Rinne Bef. S1-7, 45, 46, 40 und 38 gebildet (**Taf. 49**). In diesen Schichten dominieren nach wie vor Süß-

⁵⁶⁷ So bereits Werther u. a. 2015, 165.

⁵⁶⁸ So Rittweger 12/2016.

⁵⁶⁹ Vgl. Rittweger 12/2016.

wasserarten das Molluskenspektrum und zeigen eine offene Wasserfläche an (**Tab. 5**). Die Analyse der Ostrakoden zeigt, dass es sich um ein Stillgewässer handelt, da verschiedene Arten wie *Chara* spp. und *Diffugia oblonga* kein fließendes Wasser tolerieren (**Tab. 7**). Das limnische Stillwassermilieu wird auch durch die sedimentologischen Analysen unterstrichen (**Tab. 6**).

Das breit gefächerte Holzspektrum ähnelt Bef. S1-18/19 und 33, auffällig sind wiederum die zahlreichen bearbeiteten Stücke von Gemeinem Wacholder und die vielen Nachweise für Kiefernholz (dazu u. a. Bef. S1-32), das ebenfalls ortsfremd sein muss (**Tab. 2–3**).

Einen chronologischen Anhaltspunkt für den ältesten Abschnitt von Phase 10 liefert ein ¹⁴C-Datum aus Bef. S1-19 (**Tab. 8**). Das kurzlebige Probenmaterial datiert zwischen 1022 und 1153. Zusammen mit dem *terminus post quem* im Jahr 1048 aus dem stratigraphisch älteren Befund S1-50/51 (**Tab. 8**) ergibt sich daraus eine Datierung des älteren Abschnittes von Phase 10 in die zweite Hälfte des 11. oder erste Hälfte des 12. Jahrhunderts, wobei dem 12. Jahrhundert aufgrund der zu kalkulierenden Sedimentationszeit von Bef. S1-50/51 tendenziell der Vorzug zu geben ist. Auf eine lange Laufzeit der gesamten Phase 10 bis mindestens in das 14./15. Jahrhundert verweist allerdings ein Hufeisen, das auf Bef. S1-33 auflag und frühestens im 14. Jahrhundert hergestellt worden sein kann (**Taf. 43; 142, 2**). Dieser Zeitansatz wird durch die ¹⁴C-Analyse einer vergleichbaren Mudde auf ähnlichem Höhenniveau in Bohrung KG 407-1 unweit des Grabungsschnittes gestützt, die in das mittlere 15. Jahrhundert datiert⁵⁷⁰.

Phase 11: Rinnenbildung und Ablagerung von Bauhölzern

In Phase 11 (**Taf. 39**) kommt es erneut zu erheblichen Veränderungen der Sedimentationsbedingungen innerhalb des verbliebenen Grabens. Die Bildung der schluffig-tonigen Mudden endete und in diese Schichten schnitten sich Rinnen ein, die mit

deutlich anderem Material verfüllt sind. Die ältesten Rinnenfüllungen Bef. S1-36, 37 und 34 sind durch einen sehr hohen Sandanteil und ihre horizontale Laminierung mit schluffig-tonigen Zwischenlagen gekennzeichnet (**Tab. 6; Taf. 49; 53, 1–2**). Die jüngeren Rinnenfüllungen Bef. S1-35, 15 und 16 sind dagegen lehmiger und haben einen geringeren Sandanteil (**Tab. 6; Taf. 49**). Für das gesamte Schichtpaket ist eine fluviale Genese anzunehmen.

Bef. S1-36/37 hat die höchste Funddichte botanischer Makroreste und das mit Abstand größte Spektrum an Arten aus allen untersuchten Proben in Schnitt 1 (**Tab. 4**)⁵⁷¹. Nur aus diesen Schichten stammen Samen der Echten Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*), die zusammen mit Armleuchteralgen (*Chara*) und flutendem Hahnenfuß (*Ranunculus fluitans*) fließendes, gleichmäßig kühles Wasser anzeigen⁵⁷². Das große Artenspektrum von teilweise grundsätzlich verschiedenen Standorten und die hohen Anteile von Kulturpflanzenresten, Acker- und Gartenunkräutern verweisen auf angeschwemmtes Material aus weiterer Entfernung. Speiseabfälle wie Eierschalenreste unterstreichen diese Interpretation⁵⁷³. In das Schichtpaket waren außerdem zahlreiche bearbeitete Hölzer eingelagert, wobei Kiefer (*Pinus* sp.) von grabenfernen Standorten dominiert (**Tab. 2**). Auch das Spektrum der unbearbeiteten Hölzer verweist auf eine Herkunft aus verschiedenen Waldgesellschaften und damit auf Verlagerung und Transportprozesse (**Tab. 3**).

Auch Bef. S1-34 enthielt reichlich verlagertes Material, darunter Ziegelsplitt, Holzkohle und zahlreiche bearbeitete Hölzer unterschiedlicher Waldgesellschaften (**Tab. 2**). Hervorzuheben sind verschiedene Kleinfunde, darunter ein Messergriff aus Obstbaumholz, glasierte Keramik und ein eisernes Hufeisen (**Taf. 44; 142, 3–4**). Das Hufeisen und die typologisch ansprechbaren Hufnägel datieren den Befund in das 17. Jahrhundert bzw. in die Zeit um 1625⁵⁷⁴.

Auch in Bef. S1-15/16 waren zahlreiche bearbeitete Hölzer eingelagert (**Tab. 2**). Die botanischen Makroreste enthalten neben unverkohnten Arten aus

⁵⁷⁰ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 6. 15.

⁵⁷¹ Vgl. Zach 7.11.2016.

⁵⁷² So Zach 7.11.2016.

⁵⁷³ Vgl. Werther u. a. 2015, 164.

⁵⁷⁴ Vgl. die Ausführungen S. 90.

feuchtem Grünland, Teichufern oder Gräben sowie Brachen oder Ruderalstellen auch verkohltes Material (**Tab. 4**). Zusammen mit der sandigen Matrix lässt die Materialzusammensetzung wiederum auf verdriftetes Material schließen⁵⁷⁵. Die Mollusken sind von Süßwasserarten dominiert (**Tab. 5; Taf. 138, 3**). Durch das ausschließlich in diesem Befund nachgewiesene Vorkommen der Gemeinen Tellerschnecke (*Planorbis planorbis*) deuten sich gegenüber den älteren Phasen Veränderungen des Habitats an⁵⁷⁶.

Auf der Oberfläche von Bef. S1-15/16 lagen horizontal gelagert die Treibhölzer Bef. S1-20 bis 29 (**Taf. 43; 56, 1**). Der vermutlich angespitzte Eichenbalken Bef. S1-25 und diverse Fragmente schmaler Kiefernspalthölzer könnten ein verlagertes Zaunfragment darstellen, das im Wasser aufschwamm und anschließend horizontal auf der Grabensohle abgelagert wurde. Entsprechende Zäune aus Balken und dünneren Staken sind am Rand des Rezatriedes auf einer handgezeichneten Karte des Markhofes aus dem Jahr 1607 detailliert dargestellt (**Taf. 12, 1**). Die Dendrodatierung des Holzes Bef. S1-25 liefert unter Berücksichtigung von mindestens zehn fehlenden Splintholzringen einen *terminus post quem* im Jahr 1614 (**Tab. 15**). Zu diesem Holzpaket gehört aller Wahrscheinlichkeit nach auch ein Eichenspaltholz (Fz. 481), das auf der Grabung den Befunden S1-16/17/18/19 zugewiesen wurde, aufgrund seiner Fundlage aber mit großer Wahrscheinlichkeit aus Bef. S1-16 stammt. Das Dendrodatum des Holzes liefert unter Berücksichtigung von mindestens zehn Splintholzringen einen *terminus post quem* im Jahr 1637 (**Tab. 15**).

Der gesamte Holzkomplex – und damit das Ende von Phase 11 – lässt sich damit frühestens in das zweite Viertel des 17. Jahrhunderts datieren. Dieser Zeitansatz deckt sich mit der Zeitstellung des Hufeisens aus Bef. S1-34, das in die Zeit um 1625 einzuordnen ist. Die Anfangsdatierung von Phase 11 liefert Bef. S1-37. Die ¹⁴C-Datierung von kurzlebigen Probenmaterial aus Befund S1-37, der stratigrafisch am Beginn von Phase 11 steht, verweist die Bildung der Schicht in die Zeit nach 1491 (**Tab. 8**).

Zusammenfassend ergibt sich für Phase 11 damit eine Datierung in das 16./17. Jahrhundert. In dieser Zeit und insbesondere in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts ist der Graben zumindest temporär als Fließgewässer anzusprechen. Das in die fluvialen Sedimente eingelagerte ortsfremde Material dürfte aus topografisch-hydrologischen Gründen vom Rezatoberlauf in Richtung Dettenheim stammen. Eine entsprechende Situation ist auf einer handgezeichneten Karte der Zeit nach 1703 wiedergegeben (**Taf. 20, 3**).

Phase 12: Ablagerung von Schwemmschichten und Planierungen

In Phase 12 (**Taf. 39**) kommt es zur finalen Verfüllung der verbliebenen flachen Rinne. Relativchronologisch am Anfang von Phase 12 stehen die lehmigen Schichten Bef. S1-9, 10, 11 und 12 (**Taf. 42; 49; 51, 2; 52, 2**). Die Befunde liegen im rezenten Schwankungsbereich des Grundwassers und weisen deutliche Hydromorphiemerkmale in Form von Eisenfleckung auf. Im Molluskenspektrum dominieren nun im Wald lebende, jedoch nicht streng an Wald gebundene Arten, die auf den Kanal säumendes Buschwerk oder lockeren Baumbestand hinweisen; Süßwasserarten sind dagegen nur noch vereinzelt vertreten (**Tab. 5**). Dass dennoch von einer zumindest temporären Wasserführung auszugehen ist, zeigt das Vorkommen von Armleuchteralgen im botanischen Material⁵⁷⁷. Das Schichtpaket enthält neben zahlreichen bearbeiteten Hölzern unterschiedlicher Waldgesellschaften – insbesondere Kiefernspalthölzer (**Tab. 2**) – auch diverse Kleinfunde, darunter Eisennägel und glasierte Keramik (**Taf. 141, 16–18. 23–26**).

In den sandigen Lehm Bef. S1-4/8, das jüngste Schichtpaket aus Phase 12, waren zahlreiche neuzeitliche Funde des 19./20. Jahrhunderts und Knochenhackbruch verschiedener Nutztiere eingelagert (**Taf. 141, 2–14. 19–20**). Es wäre denkbar, dass es sich bei dieser Schicht um eine Planierung handelt, bei der externes Material aufgetragen wurde. Im Molluskenmaterial sind fast ausschließlich Arten vertreten,

⁵⁷⁵ So Zach 7.11.2016.

⁵⁷⁶ So Rittweger 12/2016.

⁵⁷⁷ Vgl. Zach 10.6.2014.

die auf Buschwerk oder lockeren Baumbestand hinweisen (**Tab. 5**). Durchwurzelung und leichte Verbraunung leiten bereits in die Bodenbildungsphase 13 über.

Mit dem Auftrag von Bef. S1-4/8 war die ehemalige Rinne kaum mehr als solche erkennbar und weitgehend an das Umgebungsniveau angeglichen. Von einer Wasserführung ist damit außer bei starken Überschwemmungsereignissen nicht mehr auszugehen.

Phase 12 ist frühestens in das mittlere 17. Jahrhundert einzuordnen. Diese Datierung stützt sich auf den *terminus post quem* der dendrodatierten Hölzer aus Phase 11 im Jahr 1637. Ob das spärliche Fundmaterial des 19./20. Jahrhunderts in Bef. S1-4/8 während der Sedimentation eingelagert oder postsedimentär durch Bioturbation oder menschliche Eingriffe eingelagert wurde, ist rein archäologisch nicht zu beantworten. Da aber verschiedene großmaßstäbige Altkarten des früheren 18. Jahrhunderts (**Taf. 12, 2; 16, 2; 20, 3**) genauso wie das in den 1820er-Jahren aufgenommene Urkatasterblatt (**Taf. 35**) im Grabungsbereich keine Rinne mehr zeigen, ist davon auszugehen, dass die Verfüllung bereits im 18. Jahrhundert weitgehend abgeschlossen war.

Phase 13: Bodenbildung und Pflugtätigkeit

Den jüngsten Befund bildet in Phase 13 (**Taf. 32, 1h; 39**) in allen Teilflächen der humose Oberboden Bef. S1-1/5, der sich aus dem lehmigen Ausgangssubstrat der Phase 12 gebildet hat. In den Oberboden sind neben größeren ortsfremden Kalksteinen zahlreiche Kleinfunde unterschiedlichster Zeitstellung eingearbeitet (**Taf. 143, 1–25**). Mit dem Auftrag von Bef. S1-1 und der Bodenbildung war die ehemalige Rinne fast vollständig verfüllt und obertägig nur noch an den Aushubwällen (**Taf. 36**) erkennbar.

Dendrochronologie und Dendrotechnologie der karolingerzeitlichen Bauhölzer

Aus den bauzeitlichen und unmittelbar nach dem Bau abgelagerten Befunden der Phasen 3–7 stammen zahlreiche Bauhölzer, von denen ein großer Teil dendrochronologisch datiert ist (**Tab. 2; 15**).

Von der Böschungssicherung aus Phase 3 konnten die zehn Pfähle Bef. S1-81, 82, 83, 85, 89, 90, 91, 92, 93 und 94 entnommen und dendroarchäologisch untersucht werden⁵⁷⁸. Bei der technisch schwierigen Bergung mit Schwerlastschlaufen sind bei einigen Hölzern seitliche Kerben und Fehlstellen im Kopfbereich entstanden (**Taf. 116; 120; 124–125; 126, 1**).

Alle Pfähle zeigen sehr ähnliche Charakteristika. Das Ausgangsmaterial bilden Eichenstämme (*Quercus* sp.). Die gemessenen Jahrringserien weisen 49–107 Jahrringe auf, meist sind das Mark und die Waldkante und damit die vollständige Jahrringserie des jeweiligen Baumes erfasst. Die Jahrringserien konnten synchronisiert und zu einer 107-jährigen Mittelkurve zusammengeführt werden, die über verschiedene süddeutsche Eichenchronologien auf das Jahr 793 datiert ist (**Taf. 111, 2**). Die größte Übereinstimmung besteht mit der Eichenchronologie des Fränkischen Jura, die aus archäologischen Hölzern des forstlichen Wuchsgebietes Frankenalb und Oberpfälzer Jura (**Taf. 109, 1**) aufgebaut und für das Frühmittelalter sehr dicht belegt ist⁵⁷⁹.

Hohe Gleichläufigkeiten und T-Testwerte in der Kreuzkorrelation sowie der fast durchweg sehr ähnliche Wachstumsverlauf der Bäume legen nahe, dass bis auf den vorgesetzten Pfahl Bef. S1-85 alle Stämme aus einem einzigen Baumbestand, aber aus verschiedenen Baumindividuen stammen⁵⁸⁰. Innerhalb dieses Bestandes wurden ausschließlich Eichen mit rekonstruierbaren Stammdurchmessern zwischen 25 und 35 cm ausgewählt, die im Schnitt 70 Jahre alt waren und fast durchweg der höchsten Ertragsklasse angehören⁵⁸¹. F. Herzig geht davon aus, dass diese Zuwachsrate auf den Jurahöhen »kaum zu errei-

⁵⁷⁸ Der folgende Abschnitt basiert im Wesentlichen auf Werther u. a. 2015, 169–176. – Werther 2016, 106–111. – Werther/Herzig 2014a. – Die Grundlagenarbeit ist in Herzig Februar 2014 sowie Herzig September 2014 zusammengefasst.

⁵⁷⁹ Vgl. Werther u. a. 2015, 175. – Gleichläufigkeit: 74,3 %; Weiserjahre: 80,0; t-Wert nach Hollstein 7,0; t-Wert nach Baillie/Pilcher 6,2.

⁵⁸⁰ Vgl. Werther 2016, 107–108.

⁵⁸¹ Vgl. Schober 1975, 12–25.

chen« war und der genutzte Baumbestand entlang und westlich der Talaue der Rezat zu lokalisieren ist, wo sich noch heute punktuell Relikte entsprechender Eichenwälder finden (**Taf. 109, 2**)⁵⁸². Dass der Bestand im näheren Umfeld des Karlsgrabens zu suchen ist, legt das Weiserjahr 769 nahe, das in allen Jahrringkurven aus Schnitt 1 zu finden ist, im weiteren Umfeld jedoch fehlt und daher auf lokale Extremereignisse zurückzuführen sein dürfte⁵⁸³. Jahrringbreitenentwicklung und typische Lichtwuchsreaktionen durch die Freistellung von konkurrierenden Nachbarbäumen zeigen außerdem, dass der genutzte Waldbestand bereits ab der Zeit um 700 bewirtschaftet und durchforstet wurde⁵⁸⁴.

Bei insgesamt sieben Pfählen war eine Waldkantenbestimmung möglich (**Tab. 15; Taf. 113, 1**). Bei Bef. S1-81, 85, 89, 92, 93 und 94 war die Spätholzbildung nahezu abgeschlossen. Die Fasertracheidenzellen befanden sich bereits im Übergang zu flachen und englumigen Querschnitten und das Ende der Depositionsphase stand unmittelbar bevor (**Taf. 114, 2–4**). Da allerdings Waldkanten mit scharf akzentuierten Jahrringgrenzen aus sehr flachen und extrem engringigen Faserzellen fehlen, wie sie zu Beginn des Winters charakteristisch sind, lässt sich der Fällzeitpunkt der Bäume auf den Spätsommer bis Herbst 793 eingrenzen⁵⁸⁵.

Eine Ausnahme mit einem möglicherweise früheren Fällzeitpunkt im Verlauf des Sommers 793 bildet Bef. S1-82 (**Taf. 113, 1**). Die Jahrringbildung steht am Beginn der Depositionsphase. Die Frühholzgefäße und die ersten kleineren Spätholzgefäße wurden bereits angelegt, die Spätholztracheiden sind jedoch noch nicht ausgebildet (**Taf. 114, 1**). Im Gegensatz zu den übrigen als Halbhölzer ausgeführten Pfählen handelt es sich bei diesem Bauteil um ein Mittelbrett. Nur dieses Holz zeigt im Splintbereich außerdem Pilzhyphen, die auf eine gewisse Lagerzeit hindeuten können.

Die Pfähle Bef. S1-88, 90 und 91 wiesen keine Waldkante auf (**Tab. 15**). Mithilfe der Splintstatistik

und aufgrund des Befundkontextes lässt sich jedoch eine Zuordnung zur Schlagphase 793 wahrscheinlich machen⁵⁸⁶.

Zusammenfassend lässt sich damit festhalten, dass bis auf eine Ausnahme alle sicher datierten Pfähle einer einzigen Schlagphase im Spätsommer bis Herbst 793 zuzuordnen sind. Punktuell kam außerdem etwas früher im Jahr 793 gefälltes Holz zum Einsatz, das möglicherweise eine gewisse Zeit lang gelagert wurde.

Zusätzlich zu den Pfählen wurden Reste von mehreren Brettern und anderen Spalthölzern geborgen, die aus Eichenstämmen hergestellt sind (**Tab. 15**). Neben den größeren Fragmenten Bef. S1-79 (**Taf. 129, 1**) und S1-100 stammen mehrere datierte Hölzer aus Bef. S1-77 sowie S1-89/91⁵⁸⁷. Nur in Einzelfällen war eine Waldkante erhalten, der gesamte Komplex datiert allerdings zweifellos bauzeitlich.

Auf Basis verschiedener Detailbeobachtungen war es möglich, ein Modell der *Chaîne opératoire* für Herstellung und Verbau der Pfähle in Schnitt 1 zu erarbeiten und so zentrale Arbeitsschritte zu rekonstruieren (**Taf. 110**)⁵⁸⁸. Die *Chaîne opératoire* beginnt mit der Prospektion eines geeigneten Waldbestandes im Umfeld der Baustelle und der Auswahl von Bäumen mit durchschnittlich 30 cm Durchmesser.

Im nächsten Arbeitsschritt erfolgte das Fällen der Bäume, wovon sich allerdings keine direkten Spuren erhalten haben. Da die verbauten Hölzer teilweise ästig sind, war eine Entastung der Stämme vor der Weiterverarbeitung und dem Transport unumgänglich. Die Entastung dürfte genauso wie die Abtrennung der Kronenbereiche direkt am Fällort stattgefunden haben.

Für die darauffolgenden Abläufe bieten sich alternative Abfolgen an, die nicht sicher rekonstruiert werden können: Entweder die entasteten Stämme wurden in ganzer Länge zu einem Abbundplatz zwischen Fällort und Baugrube gebracht, oder sie wurden noch am Fällort in Segmente von 1,6–2 m Länge zerteilt. Unklar ist weiterhin, zu welchem Zeitpunkt

⁵⁸² So Herzig September 2014.

⁵⁸³ Vgl. Werther 2016, 107. – Werther u. a. 2015, 175.

⁵⁸⁴ Vgl. dazu Werther 2014b, 50. – Werther/Herzig 2014b, 43. – Herzig Februar 2014.

⁵⁸⁵ Vgl. Werther u. a. 2015, 175. – Mündl. Auskunft F. Herzig.

⁵⁸⁶ Werther u. a. 2015, 170. 175. – Haneca u. a. 2009, Tab. 1. – Für Bayern wurde diese Splintstatistik durch F. Herzig leicht präzisiert, vgl. Herzig Februar 2014; September 2014; 15.8.2018.

⁵⁸⁷ Fz. 82, 91, 301 und 318.

⁵⁸⁸ Vgl. Werther 2016.

und an welchem Ort die Stämme zu Halbhölzern gespalten wurden. Bis auf Bef. S1-82 (Mittelbrett) sind alle Pfähle aus mittig gespaltenen Halbhölzern hergestellt und die Spaltflächenreste haben sich trotz späterer Überarbeitung großflächig erhalten (**Taf. 116–117; 120–124; 126, 1–2; 127, 1; 128, 1**). Denkbar wäre, dass die Stämme direkt nach dem Entasten und dem Abtrennen der Kronen in ganzer Länge gespalten wurden, bevor die Ablängung erfolgte. Es ist allerdings auch möglich, dass erst nach dem Ablängen die kurzen und leicht handhabbaren Segmente gespalten wurden.

Nach dem Ablängen und Spalten folgte das Zubeilen der vorbereiteten Halbhölzer an den Schmalseiten zu einer sauberen Spitze. Die Breitseite mit der erhaltenen Baumkante und dem Splint wurde im Spitzenbereich flach zugerichtet und auch die Spaltseiten wurden mit dem Beil flächig überarbeitet (**Taf. 127, 1–2**). Die Pfähle bekamen dadurch Rechteckquerschnitte mit einer einheitlichen Stärke von 7–9 cm (**Tab. 15**).

Aufgrund der kantenscharf erhaltenen Schlagfacetten (**Taf. 126, 2; 127, 1–2; 128, 2**) wurde zwischenzeitlich vermutet, dass ausschließlich schmale Äxte mit 5–9 cm breiten Schneiden und verschiedene Schneidenbreiten zum Einsatz kamen⁵⁸⁹. Diese Deutung konnte jedoch inzwischen von L. Baunack im Rahmen einer Bachelorarbeit durch detaillierte Werkzeugspurenanalysen und experimentalarchäologische Untersuchungen korrigiert werden. Dabei zeigte sich, dass auch deutlich breitere Schneiden schmale Schlagfacetten erzeugen können und aus der Facettenbreite nur auf eine Mindestschneidenbreite geschlossen werden kann⁵⁹⁰.

Im Zuge des Zuspitzens und Glättens der Halbhölzer müssen erhebliche Mengen Holzabfall angefallen sein. Diverse Späne und Spaltholzfragmente fanden sich in bauzeitlichen Befunden, von denen einige auch datiert sind (**Tab. 2; 15**). Da die Kanalssole nicht flächig freigelegt werden konnte, ist die Gesamtzahl der eingesedimentierten Holzabfälle deut-

lich höher anzusetzen. Da größere Holzabfälle weitgehend fehlen, dürfte der Abbund der Pfähle auf einem Abbundplatz zwischen Fällort und Baugrube oder direkt am Fällort erfolgt sein⁵⁹¹.

Verschiedene Befunde legen nahe, dass zwischen Fällort und Baugrube eine beträchtliche Separierung der Pfähle stattgefunden hat. Die Kreuzkorrelation der Messwerte der Pfähle lässt keine Stammgleichheiten erkennen, insbesondere die T-Testwerte erreichen nicht die benötigten Grenzwerte für die Identifizierung stammgleicher Hölzer⁵⁹². Die zehn Pfähle repräsentieren damit aller Wahrscheinlichkeit nach zehn verschiedene Baumindividuen.

Die Intensität der Separierung lässt sich zumindest in Ansätzen abschätzen. In rezenten Beständen sind bezüglich Stammdurchmesser, Alter und Ertragsklasse vergleichbare Eichen im Mittel 20 m hoch und haben einen Schaftanteil von mindestens einem Drittel, also gut 6 m⁵⁹³. Aus jedem Schaft ließen sich unter Berücksichtigung gewisser Verluste durch das Ablängen nach dem Spalten demnach mindestens sechs Pfähle mit etwa 2 m Länge gewinnen. Aus den zehn verschiedenen in Schnitt 1 erfassten Baumindividuen könnten demnach mindestens 60 Pfähle hergestellt worden sein, von denen auf der erfassten Baugrubenlänge von 2 m keine stammgleichen Stücke verbaut wurden. Dieser Befund unterstreicht die erhebliche Separierung des Baumaterials im Arbeitsverlauf. In diesem Zusammenhang ist darauf zu verweisen, dass an verschiedenen Stellen innerhalb der *Chaîne opératoire* ein Separierungsprozess erfolgt sein kann. Eine erste Separierung vollzog sich möglicherweise schon durch das Ablängen und Spalten der Stämme sowie den möglichen Transport der Stammsegmente zwischen Fällort und Abbundplatz. Eine zweite und entscheidende Separierung dürfte durch die Errichtung größerer Stapel von Pfählen am Ort der Weiterverarbeitung der Stammsegmente bzw. dem Abbundplatz erfolgt sein. Eine dritte Möglichkeit für die beobachtete Separierung stammgleicher Pfähle war ihr Transport vom Ab-

⁵⁸⁹ So Werther 2016, 108.

⁵⁹⁰ Baunack 2018. – Das zugehörige Experiment wurde im Oktober 2018 im Geschichtspark Bärnau durchgeführt. Für mündl. Hinweise zu den Ergebnissen gilt mein Dank L. Baunack.

⁵⁹¹ So Werther 2016, 108–109.

⁵⁹² Vgl. Domínguez-Delmás u. a. 2014, 644.

⁵⁹³ Schober 1975, 12–25. Diese Werte hängen jedoch maßgeblich von der Bewirtschaftungsform ab und können erheblich variieren.

bundplatz zum Baugrubenabschnitt, in dem sie eingebracht werden sollten.

Bevor die angelieferten Pfähle in den Boden gelangten, dürfte die geplante Pfahlreihe in der Baugrube gefluchtet und in irgendeiner Form markiert worden sein. Die Pfähle stehen zwar nicht alle exakt in Reihe, folgen aber zwei klaren Bezugslinien am Ost- und Westrand der Baugrube. Das sorgfältige Vorgehen während des Einbauprozesses belegt auch die Ausrichtung aller böschungspareller Wandpfähle mit der Waldkante zur Fahrinne und mit dem Mark zum Erdreich.

Nach dem Ausrichten wurden die Wandpfähle in den Baugrund eingerammt. Hinweise auf eine Baugrube konnten nicht beobachtet werden und die sorgfältige Zuspitzung der Pfähle lässt auf gezielte Reduzierung des Widerstandes für das Einrammen schließen⁵⁹⁴. Da die Pfahlköpfe bis auf Bef. S1-81 (**Taf. 74**) durchweg verwittert sind, haben sich allerdings keine Spuren des Rammprozesses wie etwa Absplitterungen oder Stauchungen im Kopfbereich erhalten. Die Einrammtiefe variiert je nach Länge der Pfähle. Meist wurden etwa drei Viertel der Pfahllänge im Boden versenkt, sodass die Pfahlköpfe – soweit aufgrund der Substanzverluste im Kopfbereich rekonstruierbar – etwa auf einer Höhe zu liegen kamen. Nicht alle Pfähle wurden präzise eingerammt, teilweise haben sie sich gedreht und geneigt. Obwohl die Pfähle auf Stoß gesetzt wurden, entstand daher keine geschlossene spundwandartige Uferbefestigung.

Nur an dem Pfahl Bef. S1-81 haben sich im Kopfbereich Spuren des letzten Bearbeitungsschrittes erhalten, sein Kopfbereich ist schräg abgebeilt (**Taf. 74**). Dieses Abbeilen dürfte nach dem Rammen erfolgt sein – möglicherweise zur Beseitigung von Beschädigungen für eine höhere Haltbarkeit oder um eine einheitliche Höhe der Pfahlköpfe zu erzeugen⁵⁹⁵.

Die *Chaîne opératoire* ist damit, abgesehen von möglichen sekundären Einbauten wie Bef. S1-85, abgeschlossen.

Sonstige Funde

Mit Ausnahme der genannten Bauholzreste stammen fast alle sonstigen Kleinfunde aus Schnitt 1 aus den stratigrafisch jüngsten Schichten der Phasen 10–13. Fast 50 % aller Objekte kommen aus dem stark durchmischten Oberboden Befund S1-1. Insgesamt erbrachte der Grabungsschnitt 521 relevante Kleinfunde. Davon entfallen 163 Objekte auf Keramik (31 %), 219 Objekte auf Ziegel und Brandlehm (42 %), 53 Objekte auf Tierknochen (10 %) und jeweils 23 Objekte auf Eisen und Schlacke/Schmelze (je 5 %), außerdem wurde ein Kleinfund aus Holz geborgen. Chronologisch und funktional aussagekräftig ist nur ein kleiner Teil dieser Funde.

Über 95 % des **keramischen Materials** sind glasierte und unglasierte Drehscheibenwaren sowie Fragmente malhornverzierter Gefäße des Spätmittelalters und der Neuzeit (**Taf. 140, 12. 14. 19–25; 141, 6–9. 11–14. 18–20. 23–24**). Vereinzelt begegnet auch Porzellan (**Taf. 141, 10**). Ein Großteil dieser Objekte stammt aus Befund S1-1. Chronologisch relevant sind lediglich einige wenige Scherben aus den stratigrafisch älteren Schichten Bef. S1-4, 8, 9 und 11. Aus Bef. S1-8, 9 und 11 stammen fünf Fragmente spätmittelalterlich-neuzeitlicher Drehscheibenware mit Glasur (**Taf. 141, 18–20. 23–24**). Innen glasierte Gefäßkeramik tritt in Mittel- und Oberfranken ab dem zweiten Drittel des 15. Jahrhunderts in Erscheinung⁵⁹⁶. Zumindest die beidseitig glasierte Scherbe aus Befund 8/9/11 dürfte jedoch jünger sein und nicht vor das 16./17. Jahrhundert datieren.

Drei Scherben aus Bef. S1-1 stammen von handgemachten Gefäßen vorgeschichtlicher Machart (**Taf. 140, 15–17**). Zwei weitere Einzelscherben aus Bef. S1-1 (**Taf. 140, 13. 18**) sind nicht eindeutig schwebgedreht und könnten von nachgedrehten Gefäßen stammen, die vor dem Spätmittelalter hergestellt wurden. Da dieses Material jedoch genauso wie die vorgeschichtlichen Scherben in Befund S1-1 mit neuzeitlichen Funden vergesellschaftet ist und ver-

⁵⁹⁴ Zum Rammen mit einfachen Handrammen oder komplexeren Zugrammen Zimmermann 1998, 28–31. – Kalmring 2010, 341–344. – Nach mündl. Information von F. Herzig könnten die lang ausgezogenen Spitzen darauf hindeuten, dass die Pfähle nicht eingerammt, sondern eingedreht wurden.

⁵⁹⁵ Zur Förderung des Holzabbaus durch Risse/Aufsplitterung vgl. exemplarisch Brischke/Rolf-Kiel 2010.

⁵⁹⁶ Werther 2012a, 247. – Mittelstraß 2012, 164. 169–170. – Frieser 1999, 41–42.

lagert sein dürfte, kommt ihm keine chronologische Bedeutung zu.

Weitgehend ohne chronologische Relevanz sind die zahlreichen **Ziegel- und Brandlehmfragmente**. Das stratigrafisch älteste Einzelstück stammt aus Bef. S1-41. Eindeutig als Ziegel ansprechbare Stücke treten vermehrt ab Bef. S1-17 und in den darüber liegenden stratigrafisch jüngeren Schichten in Erscheinung. Nur vereinzelt lassen die Klein- und Kleinstfragmente Rückschlüsse auf die ursprünglichen Formate zu (**Taf. 141, 1. 5; 142, 1**). Das Gros der Ziegelfragmente stammt aus dem Oberboden Bef. S1-1. Grundsätzlich ist im Umfeld des Karlsgrabens bereits in römischer Zeit mit Ziegelbruch zu rechnen⁵⁹⁷. Die quasi ubiquitäre Verwendung von Dachziegeln und Backsteinen im Hausbau ist in der Region um Weißenburg allerdings erst im beginnenden Spätmittelalter zu beobachten⁵⁹⁸. Ein Großteil der Ziegelfunde in den Verfüllschichten des Karlsgrabens dürfte daher in das Spätmittelalter und die Neuzeit zu datieren sein und nicht aus verlagerten römischen Kontexten stammen.

Ein ähnliches Verteilungsbild wie die Ziegel zeigen auch die Kleinfragmente von **Schlacken und Schmelzen**. Abgesehen von insgesamt fünf Bruchstücken aus Bef. S1-4, 5 und 6 (**Taf. 141, 4. 15**) stammen alle Funde aus dem durchmischten Oberboden Bef. S1-1. Bedeutsam sind dabei lediglich die beiden blasigen metallischen Schlacken aus Bef. S1-6, da dieser stratigrafisch noch in die Zeit der Bauarbeiten oder unmittelbar danach einzuordnen ist. Falls es sich nicht um verlagerte Funde handelt, könnten diese Schlacken einen Hinweis auf metallverarbeitende Tätigkeiten im näheren Umfeld der Baustelle geben. Denkbar wären insbesondere Schmiedearbeiten.

Möglicherweise frühmittelalterliche eiserne Werkzeuge, Werkzeugbeschläge oder andere **Eisenobjekte** fehlen leider völlig. Die stratigrafisch ältesten Eisenfunde sind zwei Hufeisen aus dem Übergangsbereich der Bef. S1-12 und 33 (**Taf. 142, 2**) bzw.

aus dem Übergangsbereich der Befunde S1-34 und 35 (**Taf. 142, 3**). In beiden Fällen handelt es sich um schwere Falzeisen mit Stollenenden und sechs rechteckigen Nagellöchern. Entsprechende Eisen treten ab dem 14. Jahrhundert in Erscheinung⁵⁹⁹. In beiden Eisen waren mehrere Hufnägel erhalten, was den Verlustcharakter untermauert. Die gut erhaltenen Nagelköpfe des Eisens aus Bef. S1-34/35 erlauben eine typologische Zuordnung zum Tafel- und Parallelkopftyp. Der tendenziell ältere Parallelkopftyp war nach Georg Brunner bis etwa 1625 in Gebrauch, während der tendenziell jüngere Tafelkopftyp ab etwa 1625 vermehrt auftritt⁶⁰⁰. Da beide Nageltypen am vorliegenden Eisen gemeinsam auftreten, liegt eine Datierung in die Übergangsphase um 1625 nahe. Die blüten- oder rosettenförmige Schlagmarke auf einem der Eisen erlaubt keine Präzisierung der Datierung, da entsprechende Marken ab dem 13./14. Jahrhundert auftreten⁶⁰¹.

Die meisten Eisenfunde der Grabung sind Nägel unterschiedlicher Art. Diverse kleinere Formate aus Bef. S1-1, 4, 9, 11 und 12/15 mit Längen von 2,5–3,5 cm sind als Hufnägel oder kleine Baunägel anzusprechen (**Taf. 140, 3. 17. 21. 25–26; 143, 2. 4–5**). Aus Bef. S1-1 und 4 stammen außerdem größere Baunägel mit Schaftlängen von bis zu 8 cm, die zumindest teilweise industriell gefertigt sind und in das 20./21. Jahrhundert datieren (**Taf. 143, 1. 3. 6–7. 10**). In Bef. S1-12 fand sich außerdem ein Eisenobjekt mit Durchlochung und abgesetzten Längsseiten, das am ehesten als Beschlag anzusprechen ist.

Die Einarbeitung von sehr jungem Fundmaterial in Bef. S1-1 belegt auch eine moderne Patronenhülse des 20./21. Jahrhunderts (**Taf. 143, 11**). Lediglich aus Bef. S1-1 stammen außerdem **Glasfunde**, bei den insgesamt acht Scherben handelt es sich fast ausnahmslos um modernes farbloses Flachglas.

Aus Bef. S1-34 stammt neben den beschriebenen Hufeisen ein verzierter Messergriff aus Obstbaumholz (**Taf. 142, 4**). Der Griff wurde laut F. Herzig geschnitzt und ist mit senkrechten Rillenbündeln

⁵⁹⁷ Vgl. beispielsweise Leja 2001, 310. 322 zu Ziegelbruch in römischen Gruben im Kastellvicus von Weißenburg und im Bereich von *villae rusticae*. – Zu römischen Ziegeleien in Raetien generell Federhofer 2007.

⁵⁹⁸ Vgl. Koch 2001, XXVII; Leja 2001, 293. – Häffner 2001, CXII. – Bedal 2002, 119–127.

⁵⁹⁹ Imhof 2010, 25. – Gross 2012, 458–459.

⁶⁰⁰ Vgl. Brunner 2007, 3–4.

⁶⁰¹ Röber 2004. – Clark 1995, 90–91.

verziert. Möglicherweise weist er auch waagrechte Rillen auf, die jedoch aufgrund der starken Verrundung kaum mehr erkennbar sind. Mittig hat der Griff einen Falz für die Aufnahme der Griffangel⁶⁰². Stratigrafisch datiert das Objekt in das 17. Jahrhundert, typologisch lässt es sich innerhalb von Spätmittelalter und Neuzeit kaum präzise zeitlich einordnen.

In den Befunden des Grabungsschnittes fanden sich insgesamt 53 **Tierknochen**. 17 dieser Knochen stammen aus Befunden unter dem stark durchmischten Oberboden, nur diese Stichprobe wurde archäozoologisch bearbeitet⁶⁰³. Zwölf der Knochen konnten eindeutig bestimmt werden (**Taf. 145, 1**). Sie stammen von Hausschwein (*Sus scrofa f. domestica*), Wildschwein (*Sus scrofa*), Schaf/Ziege (*Ovis orientalis f. aries/Capra aegagrus f. hircus*), Hauspferd (*Equus caballus*) und möglicherweise Haushuhn (*Gallus gallus f. domesticus*).

Das bestimmbare Knochenmaterial kann stratigrafisch in drei Gruppen eingeteilt werden und besteht bis auf eine Ausnahme aus Knochenhackbruch mit deutlichen Zerlegungsspuren.

Gruppe 1: Aus den stratigrafisch jüngsten Befunden S1-4, 5, 8 und 12 stammen jeweils ein Rippen- und Schädelfragment von Schaf/Ziege, das Schädelfragment eines Hausschweins, das Carpalefragment eines Hauspferdes sowie die Radiusepiphyse eines Wildschweins. Letztere ist der einzige unbearbeitete Knochen des gesamten Komplexes, insgesamt dürfte es sich bei diesem Komplex jedoch um Schlachtabfall handeln. Weiterhin ist ein L-Wirbelfragment eines Hausschweins (**Taf. 145, 1**) vermutlich dieser Gruppe zuzuordnen⁶⁰⁴.

Gruppe 2: Aus den stratigrafisch älteren Schichten Bef. S1-31, 33, 40, 41, 46 und 55 stammen im Gegensatz dazu ausschließlich Pferdeknochen, die zu mindestens zwei Individuen gehören. Die relativchronologisch ältesten Funde innerhalb dieser Gruppe aus Bef. S1-41 sind ein größeres Schädelfragment eines Hauspferdes sowie zwei Orbitafragmente/Jugale eines zweiten Hauspferdes. Besonders am

Schädelfragment sind deutliche Zerlegungsspuren erkennbar (**Taf. 145, 2**). Aus Bef. S1-31 und 46 stammen zwei zusammengehörige Tibiafragmente eines Hauspferdes. Bef. S1-33 erbrachte einen Femurkopf, Bef. S1-40 einen stark abraisierten M1 inf. sin. und Bef. S1-55 ein weiteres Tibiafragment. Da der gesamte Fundkomplex in engem stratigrafischem Zusammenhang steht und nicht mit einem großen zeitlichen Abstand zu rechnen ist, könnten alle aufgeführten Pferdeknochen in einem Zuge an den Fundort gelangt sein – angesichts der Zerlegungsspuren am ehesten als Schlachtabfall, der in die zu dieser Zeit noch deutlich ausgeprägte Rinne entsorgt wurde.

Gruppe 3: Ein bestimmbarer und zwei nicht bestimmbarer Tierknochen stammen aus den ältesten Verfüllschichten des Kanals. Der bauzeitliche Bef. S1-6 erbrachte im Böschungsbereich (lfm 10–11, Pl. 3–4) neben zwei unbestimmten Schädel- und Langknochenfragmenten von Mammalia das Carpo-metacarpusfragment eines Vogels (**Taf. 145, 1e**), bei dem es sich nach H.-V. Karl um ein Haushuhn handeln dürfte. Falls keine Bioturbation stattfand und die genannten Objekte verlagert wurden, könnten diese drei Knochen einen Hinweis auf Speiseabfälle liefern, die während der Bauarbeiten im Nahbereich der Baugrube entsorgt wurden.

Zusammenfassende Bewertung des Kanals im Bereich von Schnitt 1

Für eine abschließende Bewertung des Kanals im Bereich von Schnitt 1 sind zunächst einige quellenkritische Aspekte zu berücksichtigen. Grabungsbedingt war es nicht möglich, den Sohlbereich und die Böschungen der Baugrube vollständig freizulegen und die entsprechenden Sedimente nass zu sieben bzw. zu schlämmen. Nicht überall war außerdem zweifelsfrei zwischen anstehenden und kolluvial verlagerten Sanden zu differenzieren. Die genaue Baugrubengeometrie ist daher nicht in allen Berei-

⁶⁰² Zu hölzernen Messergriffen allgemein Cowgill u. a. 2000. – Westphal 2006, 52–54. – Holtmann 1993.

⁶⁰³ Die Analyse erfolgte durch Hans-Volker Karl, vgl. Karl 04/2016.

⁶⁰⁴ Fz. 502. Als Befundnummer wurde während der Grabung fälschlicherweise Befund 2 eingetragen. Es muss sich jedoch um Befund 4 handeln, da in Pl. 2 und im Bereich von lfm 7–8 (Lageangaben auf dem Fz.) eine Zuordnung zu Befund 2 ausgeschlossen werden kann.

chen präzise rekonstruierbar und das bauzeitliche Fundspektrum – insbesondere Holzabfälle und Späne – ist nur selektiv erfasst. Auch der Holzverbau der Kanalränder konnte nicht unter optimalen Bedingungen dokumentiert und nicht vollständig geborgen werden, was Informationslücken nach sich zieht. So fehlen beispielsweise Ansichten des Holzverbaus und die ursprüngliche Neigung der Pfähle ist teilweise unklar.

Dennoch lassen sich wesentliche Charakteristika des Kanals zuverlässig rekonstruieren. Der Bauabschnitt lag in der Karolingerzeit im feuchten Randbereich des Rezatriedes. Die bauzeitliche Oberfläche auf einer Höhe von ca. 416,65 m üNN wird durch einen Anmoorboden gebildet, der sich auf quartären Sanden und Lehmen entwickelt hat. Die Baugrubenwände waren durch die fehlende Bindigkeit und gute Sortierung des anstehenden Materials kaum standfest.

Dieser Anmoorboden wurde für die Anlage der etwa 15 m breiten und gut 2,5 m tiefen Baugrube durchstoßen, deren tiefster Punkt bei 414,00 m üNN liegt. Damit ist das bereits 1993 von R. Koch vermutete Sohlniveau für diesen Trassenabschnitt abgesichert⁶⁰⁵. Der Aushub wurde mindestens teilweise direkt entlang der Baugrube abgelegt. Das Aushubvolumen beträgt im dokumentierten Abschnitt ca. 24 m³ pro ausgeschachtetem Kanalmeter⁶⁰⁶. Bezogen auf den Gesamtlängsschnitt des Karlsgrabens hat die Sohle des Kanalsegmentes mit 414,00 m üNN den höchsten bekannten Wert und repräsentiert damit einen Teil der Scheitelhaltung⁶⁰⁷.

Der Zeitpunkt der Erdarbeit lässt sich durch die dendrochronologische Datierung des Holzverbaus an beiden Rändern der Fahrrinne präzise eingrenzen. Das gesamte Bauholz wurde bis auf eine Ausnahme im Spätsommer oder Herbst 793 eingeschlagen. Da Lagerspuren in Form von Pilzbefall weitgehend fehlen und die Oberflächen der Pfähle mit kantenscharfen Schlagfacetten hervorragend erhalten sind, muss das gefällte Holz frisch innerhalb weniger Tage oder Wochen verbaut worden sein. Holzarbeiten und

Erdarbeiten dürften daher im Spätsommer/Herbst 793 weitgehend parallel oder mit nur geringem Zeitversatz erfolgt sein.

Die datierten Hölzer gehören zu einem massiven Uferverbau am Ost- und Westrand der 5,2–5,3 m breiten Fahrrinne. Das Kernstück bildet jeweils eine uferparallele Reihe von sorgfältig behauenen und angespitzten Eichenpfählen, die Stoß an Stoß bis zu 1,6 m tief in den Untergrund eingebracht wurden. Innen vorgesetzte Kopfpfähle, Pfähle mit einer Ausarbeitung zur Aufnahme von uferparallelen Horizontalhölzern und Bretterfragmente unbekannter Funktion ergänzen die Konstruktion.

Die Sohle der Fahrrinne an den Böschungsfüßen und damit auch die Erosionslinie der Pfähle liegt an beiden Uferseiten bei 414,43 m üNN. Jeweils etwa ein Viertel der Pfahllänge ragte aus dem Erdreich, die aufgehende Höhe lässt sich mit 45–50 cm rekonstruieren. Die Wassertiefe vom tiefsten Punkt der Fahrrinne bis zur Oberkante des Holzverbaus ist mit 80–90 cm anzusetzen, an den Kanalrändern betrug sie etwa 40–50 cm.

Einige Wochen oder maximal wenige Monate nach dem Einbringen der Pfähle kam es auf beiden Böschungen zur kolluvialen Verlagerung erheblicher Mengen von Aushubmaterial, das in die Baugrube zurückfloss und den Holzverbau vollständig zusedimentiert hat. In und auf diesen Kolluvien waren diverse Bauholzabfälle und Pflanzenreste sowie Holzkohleflitter und Kleinstfragmente von Schlacke und Knochenhackbruch eingelagert. Die verlagerten Sande werden in den Jahren und Jahrzehnten unmittelbar nach 793 von einem mächtigen Faulschlammpaket überdeckt, das eine stillstehende oder schwach fließende offene Wasserfläche anzeigt. Die Faulschlammabdeckung endet spätestens im dritten Viertel des 9. Jahrhunderts, zu diesem Zeitpunkt ist die eigentliche Fahrrinne bereits vollständig zusedimentiert.

Im verbleibenden Rest der Baugrube, der mit Bruchwald, Röhricht und Brennnessel bedeckt ist, bilden sich nun Torfschichten, die semiterrestrische

⁶⁰⁵ Vgl. Koch/Leininger 1993b, 14.

⁶⁰⁶ Berechnet in ArcGIS auf Basis der dokumentierten Grabenprofile. Vgl. Taf. 32, 1; 49.

⁶⁰⁷ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, Abb. 15. – Rabiger-Völlmer u. a. 2021.

Bedingungen und eine weitere Verlandung anzeigen. Ein Spülsaum mit Muschelbruch belegt einen Wasserspiegel von bis zu 416,25 m üNN und das Torfwachstum dauert mindestens bis in das 10. Jahrhundert an. Im mittleren 11. Jahrhundert ändern sich die Sedimentationsbedingungen und die Torfe werden durch mächtige tonig-schluffige Mudden abgelöst. Im Uferbereich der offenen Wasserfläche kommt es zum Abbruch großer Torfschollen. Entlang der verbleibenden Rinne mit einem Uferbewuchs aus Weidengebüsch und Röhricht ist nun Grünland mit anthropogener Nutzung nachweisbar. Erst im 16./17. Jahrhundert – insbesondere in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts – ändern sich die Sedimentationsbedingungen erneut und fluviale Prozesse führen zum Einschneiden von sandig verfüllten Rinnen. In den Verfüllschichten finden sich nun zahlreiche Anzeiger menschlicher Aktivitäten im Einzugsgebiet. Im 18./19. Jahrhundert war die ehemalige Baugrube dann nur noch als flache Rinne erkennbar und fast vollständig verfüllt, eine Wasserführung ist ab dieser Zeit ausschließlich temporär bei starken Überschwemmungsereignissen anzunehmen.

Schnitt 2 – 2016

In Bauabschnitt D wiesen vor Grabungsbeginn wie bereits ausgeführt geophysikalische Prospektionsarbeiten (Magnetik, Bodenradar, Seismik und Geoelektrik) und luftbildarchäologische Untersuchungen (**Taf. 65**) darauf hin, dass sich die Fahrrinne des Kanals von Nord nach Süd deutlich verschmälert und die Sohltiefe gleichzeitig abnimmt. In diesem Bereich war daher das nördliche Ende des Ausbaus zur schiffbaren Fahrrinne zu vermuten.

Im breiteren und tieferen Südteil wurde Schnitt 2 angelegt. Die geophysikalischen Untersuchungen legten dort eine Fahrrinnenbreite von 5–6 m und eine Sohltiefe von etwa 2,5 m nahe. Schnitt 2 ist 10 m lang und 2 m breit. Er setzt knapp 1 m westlich der westlichen Grabenböschung an, schneidet die Fahrrinne rechtwinklig und endet etwa 2 m östlich der ehemaligen Ostböschung. Der Grundwasserpegel

wurde ca. 1,20 m unter der rezenten Geländeoberfläche bei etwa 414,60 m üNN erreicht.

Die Grabungsfläche befindet sich im Talgrund der Rezat unweit des Rezatriedes (**Taf. 61; 79, 1–2**). Der modern begradigte Bachlauf der Rezat verläuft in Nord–Süd-Richtung etwa 100 m östlich des Schnittes (**Taf. 64**). Das Grabungsareal wird heute als Ackerfläche genutzt, war jedoch bis mindestens ins erste Drittel des 19. Jahrhunderts Grünland (**Taf. 62**).

Der geologische Untergrund besteht aus mächtigen Ablagerungen pleistozäner Lehme und Sande, auf denen holozäne Auensedimente aufliegen (**Taf. 61**). Der Schnitt liegt auf den Ausläufern eines sanft nach Osten zur Rezatniederung hin auslaufenden Hanges etwa 1 m über dem Talgrund (**Taf. 63**). Das Gelände fällt im Bereich des Grabungsschnittes um ca. 15 cm von Nordwest nach Südost ab (415,70–415,85 m üNN). Westlich des Grabungsschnittes liegt auf dem natürlichen Gelände ein erhöhter Wegedamm eines Nord–Süd verlaufenden Feldweges auf. Die quartären Sande und Lehme bilden im gesamten Grabungsschnitt den geologischen Untergrund, sie wurden in verschiedenen Varietäten angetroffen (Bef. S2-4, 5, 15, 16, 31, 42, 43, 47, 86, 91, 95, 205). Außerhalb der Baugrube des Kanals lagen auf diesem Schichtpaket Reste eines fossilen, leicht anmoorigen Bodens (Bef. S2-2 und 46), der die Geländeoberfläche der Bauzeit darstellt und von der Baugrube gekappt wird. Diese stratigrafische Situation und insbesondere das Fehlen von Torfschichten zeigen, dass Schnitt 2 außerhalb des eigentlichen Rezatriedes liegt.

Stratigrafie, Befundgenese und Phasengliederung

Die Befunde in Schnitt 2 (**Taf. 67**) wurden vom ältesten zum jüngsten in insgesamt 13 Phasen eingeteilt. Im Folgenden gilt es, die Stratigrafie und Relativchronologie entlang dieser Phasengliederung zu diskutieren.

Phase 0: fluviale Talfüllung des Quartärs

Die relativchronologisch älteste Phase (**Taf. 67**) und den geologischen Untergrund vor dem Kanalbau bildet ein Schichtpaket organikarmer quartärer

(wohl pleistozäner) Sande und Lehme⁶⁰⁸. Das älteste Schichtpaket stellen im gesamten Grabungsschnitt die fluvialen Sande und kantengerundeten Kiese von Bef. S2-86 dar. Die vor allem im Bereich der Pumpensümpfe erfasste Schicht war wassergesättigt und ausgesprochen locker, ihre Obergrenze lag bei ca. 413,80–413,90 m üNN.

Diesem Lockersediment lag mit Bef. S2-85 ein steinhart verbackenes und im Mittel etwa 10 cm mächtiges Paket ähnlicher Bodenart wie Bef. S2-86 auf, das sich vor allem aus Grobkies, Sand und teilweise kantigen Kalksteinkieseln zusammensetzt⁶⁰⁹. Nach Westen hin ging dieses Schichtpaket mit fließenden Grenzen in den kiesärmeren Bef. S2-91 über, der ebenfalls zu harten Krusten verbacken war. Bef. S2-85 und 91 bilden im gesamten Grabungsschnitt die bauzeitliche Kanalsole Bef. S2-206 (**Taf. 90, 1**). Stratigrafisch handelt es sich eindeutig um vorbauzeitlich abgelagertes Sediment, da die Schichten im Osten und Westen über die Baugrube hinausziehen und von anderen vorbauzeitlichen Schichtpaketen überlagert werden (**Taf. 77**). Es wäre allerdings denkbar, dass der Verfestigungsprozess erst nach bzw. durch den Bau stattfand, etwa durch veränderte Redoxbedingungen oder hydrologische Parameter. Punktuell waren in die Oberfläche von Bef. S2-85 und 91 bauzeitliche Holzabfälle eingetreten (**Tab. 9–10**).

Auf dem verbackenen Paket aus Bef. S2-85 und 91 lagen horizontal geschichtete fluvial abgelagerte lehmige Sande auf (Bef. S2-15, 16, 31, 42 und 43), die wechselnden Redoxbedingungen unterlagen (**Taf. 83, 1**). Die Schichten laufen in der Regel durch den gesamten Schnitt, sind jedoch durch die Baugrube gekappt und tragen daher im Osten und Westen separate Nummern (**Taf. 77**).

Besonders deutlich als durchlaufende Schicht erkennbar ist das jüngste fluviale Sedimentpaket in Phase 0, das aus Bef. S2-4 und 5 besteht (**Taf. 77**). Es handelt sich um stark fleckige sandige Tone/Lehme (**Taf. 81, 1; 83, 1–2**). Das sehr kompakte und tonrei-

che Material ist bereits deutlich durchwurzelt und kann vermutlich als tonangereicherter B-Horizont des darüber liegenden fossilen Bodens der Phase 1 angesprochen werden. Der Übergang zu diesem fossilen A-Horizont (Bef. S2-2 und 46) ist fließend. In Bereichen, in denen der fossile Boden fehlt bzw. gekappt ist (**Taf. 77**), erscheint Bef. S2-4 in den oberen ca. 15 cm chaotischer gelagert bzw. gestört und war im Planum beim Abtrag sehr kleinteilig und mit vielen Mulden reliefiert (**Taf. 81, 1; 88, 1**). Vermutlich handelt es sich dabei um Einflüsse der Begehung während der Bauarbeiten, also einen Lauf- bzw. Trampelhorizont, auf dem auch kleinräumige Materialverlagerungen stattfanden. Dieser Horizont wurde während der Grabung nicht als separater Befund ausgewiesen, würde allerdings relativchronologisch in Phase 2 gehören.

Phase 1: fossiler Boden der Bauzeit

Aus dem Ausgangssubstrat der fluvialen Sande und Lehme hat sich noch vor dem Bau des Kanals in Phase 1 (**Taf. 67**) ein Boden entwickelt, der mit Bef. S2-2 und 46 beiderseits der Baugrube unter dem rezenten Oberboden als dunkler, fossiler A-Horizont konserviert ist (**Taf. 77; 78, 1; 83, 1**). Der Lehm mit Sandkomponente ist sehr fest und weist zumindest im Bereich von Bef. S2-2 ein deutlich subpolyedrisches Gefüge auf. Der Boden wird eindeutig durch die Baugrube des Kanals gekappt (Phase 2) bzw. im Osten des Schnittes teilweise auch vollständig entfernt (**Taf. 81, 1, rechts**). Die eigentliche Bodenoberfläche scheint nirgends erhalten zu sein, da die oberen Bereiche durch den Pflug gestört und wohl im rezenten Oberboden aufgearbeitet sind. Der Übergang zu den darunter liegenden Befunden S2-4 und 5 ist teilweise diffus. Es ist davon auszugehen, dass diese Befunde den zugehörigen B-Horizont darstellen. Der fossile Boden bzw. im Bereich der Fehlstellen die darunter liegenden fluvialen Sande markieren insgesamt den Laufhorizont der Bauzeit bzw. seine Mindesthöhe. Die erhaltene Oberkante liegt bei 415,40–415,68 m üNN.

⁶⁰⁸ Vgl. Zielhofer/Kirchner 2014, 5. 8. – Zielhofer u. a. 2014, 7. – Schmidt-Kaler 1993, 10; 1976, 76–77.

⁶⁰⁹ Für die Bergung der bauzeitlichen Pfähle und die Anlage der Pumpensümpfe musste die steinharte Schicht mit einem Presslufthammer entfernt

werden. Das Bindemittel der Grobmatrix konnte im Feld nicht bestimmt werden. Ein Salzsäuretest erbrachte keinen Kalknachweis, jedoch schien sich das Bindemittel unter einem Wasserstrahl zu lösen.

Phase 2: Baugrubenaushub und Grubenreihe am westlichen Böschungsfuß

Den stratigrafisch ältesten Befund des Kanalbaus stellt in Phase 2 (**Taf. 67**) neben dem bereits erwähnten Laufhorizont der eigentliche Baugrubenaushub dar, der als Negativbefund bzw. Interface erhalten geblieben ist. Die Baugrube mit den Befundnummern S2-69, 70 (Böschungen), 96 (Gräbchen/Grube am Fuß der Westböschung) und 206 (Grabensohle) kappt den fossilen Boden der Phase 1 sowie die fluvialen Sedimente der Phase 0 auf einer maximalen Breite von etwa 7,5 m (**Taf. 80, 1–2**).

Die westliche Grabenböschung weist einen sehr steilen Winkel von 50–55° auf, die östliche Böschung ist demgegenüber mit etwa 45° etwas flacher (**Taf. 77**). Die Kanalsohle wird durch die bereits genannten Befunde S2-85 und 91 gebildet und war in fast allen Bereichen sehr hart verbacken. Das bauzeitliche Relief hat sich dadurch hervorragend erhalten und konnte in Planum 7 dem Befund folgend freigelegt werden. Die Kanalsohle lag im Mittel auf einer Tiefe von etwa 414 m üNN. Sie wies jedoch deutliche Niveausprünge mit Mulden und Kanten bzw. Abbrüchen auf, bei denen es sich vermutlich um bauzeitliche Abstichkanten bzw. Spuren der Grabungsarbeiten handelt (**Taf. 73; 90, 1**). Die tiefsten Bereiche liegen bei 413,85 m üNN, die höchsten Bereiche im Ostteil der Baugrube bei 414,10 m üNN. Am Westrand der Baugrube befindet sich vor der westlichen Böschung ein markanter, bis zu 40 cm hoher und 1–1,2 m breiter Absatz, der durch Bef. S2-91 gebildet wird (**Taf. 77; 81, 2**). Dies resultiert in einem asymmetrischen Querschnitt des Grabens mit einem insgesamt tiefer liegenden etwa 4 m breiten Ostteil und einem erhöhten 1–1,2 m breiten Westteil. Ob die bankettartige Erhöhung am Westrand noch entfernt werden sollte oder hier bereits die finale Sohlentiefe erreicht war, ist unklar. Von Böschungsfuß zu Böschungsfuß hat die eigentliche Fahrrinne eine Sohlbreite von insgesamt 5,6 m. Dies entspricht – abzüglich der Holzstärken von jeweils etwa 10 cm auf beiden Seiten – ziemlich genau der in Schnitt 1 dokumentierten

lichten Weite von ca. 5,2–5,3 m von Pfahlreihe zu Pfahlreihe⁶¹⁰.

Unmittelbar am westlichen Böschungsfuß wurde im Bereich des erhöhten Absatzes das anstehende Material gräbchenartig etwas tiefer ausgeschachtet (Bef. S2-71 und 96). In dieser Vertiefung lagen mehrere kleine Gruben. Die Negativbefunde bzw. Hohlformen dieser Gruben Bef. S2-90, 93, 94, 95 und 201 sind relativchronologisch ebenfalls in Phase 2 einzuordnen. Sie wurden zeitgleich mit Anlage der Baugrube oder unmittelbar danach und noch vor Beginn der ersten Sedimentation und der Holzarbeiten in der Baugrube eingetieft. Diese Befunde konnten aus grabungstechnischen Gründen (Verbau, horizontal liegendes Holz Bef. S2-28) nicht optimal dokumentiert werden. Das zusammengesetzte Querprofil 10 (**Taf. 78, 1; 87, 1–2**) und die nur in Planum 7 erfasste Grube Bef. S2-201 (**Taf. 73**) zeigen jedoch deutlich, dass es sich um eine Reihe von kleinen Gruben handelt, die parallel zum Böschungsfuß am Rand der Baugrube angelegt wurden. Im oberen Teil verbinden sich die Gruben zu einer diffus gräbchenartigen Struktur, die während der Grabung als Bef. S2-96 angesprochen wurde (**Taf. 72–73; 77; 87, 1**).

Die Befunde S2-95, 94, 201 (in Planum 7), 93 und 90 reihen sich von Nordost nach Südwest. Alle Gruben haben schmale Durchmesser von im Mittel 6–10 cm und Tiefen von 10–15 cm und heben sich durch die andersartige Verfüllung deutlich vom Anstehenden ab. Der Sohlverlauf von Bef. S2-71/92 in Profil 10 mit einer markanten Mulde (**Taf. 78, 1**) lässt vermuten, dass zwischen Bef. S2-94 und 95 eine weitere Grube nur randlich erfasst wurde – wie im Fall von Bef. S2-201, wo im Profil ebenfalls nur eine Mulde erkennbar war, im später angelegten Planum allerdings eindeutig die zugehörige Grube. Das würde bedeuten, dass die Abstände der Grubenmittelpunkte relativ einheitlich 25–30 cm betragen. In der Zusammenschau der Befundgruppe wird damit auch deutlich, dass es sich bei dem in Profil 2 dokumentierten »Gräbchen« Bef. S2-96 direkt am Böschungsfuß (**Taf. 77**) vermutlich um eine Mischung aus einem Gräbchen und der nächsten 25–30 cm

610 Werther u. a. 2015, 171.

weiter südlich gelegenen Grube handelt, die die Grubenreihe nahtlos nach Südosten fortsetzt und in Profil 2 quer geschnitten wurde. Für ein klareres Gesamtbild wurden die Gruben aus Profil 10, Profil 2 und Planum 7 schematisch in Planum 7 projiziert (**Taf. 75, 2**). Die Regelmäßigkeit der Grubenreihe ist dadurch augenfällig.

Aufgrund der geringen Größe und engen Setzung sind die Gruben am ehesten als kleine Pfostengruben oder Stakenlöcher zu interpretieren. Von den ehemals in den Stakenlöchern befindlichen Hölzern haben sich allerdings trotz allgemein hervorragender Holzerhaltung keinerlei Spuren erhalten. Dies lässt sich eigentlich nur so interpretieren, dass die Pfosten bzw. Staken entweder gar nicht in die vorbereiteten Gruben eingebracht wurden, oder nur kurz in den Gruben steckten und vor der Verfüllung der Gruben in Phase 4 bereits wieder gezogen worden waren. Zwei mögliche Interpretationen scheinen in diesem Zusammenhang denkbar: Es könnte sich um Spuren einer temporären Markierung oder bautechnischen Einrichtung am Böschungsfuß handeln, oder aber um vorab markierte Standorte von massiven Pfählen, wie sie am gegenüberliegenden Böschungsfuß in Phase 5 eingebracht wurden. Der Abstand von 25–30 cm könnte dazu durchaus passen, ist jedoch im Vergleich mit den Pfahlbreiten der Pfahlreihe am östlichen Böschungsfuß (**Taf. 78, 2**) etwas weiter. Angesichts der steinharten Konsistenz von Bef. S2-85 und 91, in die die Grubenreihe eingetieft wurde – vorausgesetzt, es handelt sich nicht um eine nachbauzeitliche Verfestigung – wäre es durchaus denkbar, dass die Gruben diese Barriere durchstoßen sollten, um die Pfähle später leichter einrammen zu können⁶¹¹. Trifft die Interpretation als Vorbereitung einer Pfahlreihe zu, so könnte dies bedeuten, dass die bankettartige Erhöhung am Westrand der Baugrube nicht weiter abgetieft werden sollte und ein finaler asymmetrischer Kanalquerschnitt intendiert war.

611 Ein Rammen direkt in den steinharten Untergrund erscheint angesichts der Erfahrungen während der Ausgrabung undenkbar, da die Schichten in weiten Teilen nur mithilfe eines Presslufthammers bzw. mit Hammer und Meißel entfernt werden konnten.

612 Vgl. Weber 2002, 1–3. – Bosshard 1974, 46–50.

Phase 3: Ablage eines gegabelten Holzes auf der Baugrubensohle

Sehr zeitnah zu Phase 2 wurde in Phase 3 (**Taf. 67**) auf der noch völlig offen liegenden Kanalsohle (Bef. S2-85 und 91) das gegabelte Holz Bef. S2-200 abgelegt (**Taf. 73; 75, 1; 90, 2; 139, 1; Tab. 9**). Es liegt stratigrafisch unter allen Grabenverfüllungen und verlagerten Sedimentpaketen und dürfte daher entweder während des Baugrubenaushubes oder unmittelbar danach verwendet und abgelegt worden sein. Die hervorragende Erhaltung mit Rinde deutet auf eine sehr schnelle Überdeckung hin. Die Jahrringserie des Kernobstholzes (Pomoideae) mit Waldkante und Rinde konnte durch Heterokonnexion mit der Eichenmittelkurve dendrochronologisch in das Jahr 793 datiert werden (**Tab. 15**). Die Datierung des bald nach dem Holzeinschlag einsedimentierten Holzes liefert einen groben *terminus ante quem* für die Phasen 1–3 und einen klaren *terminus post quem* für alle relativchronologisch jüngeren Phasen. Da der Jahrring des Jahres 793 bereits ausgebildet war, kann das Holz erst nach Beginn der Vegetationsperiode eingeschlagen worden sein, frühestens also im April 793⁶¹².

Phase 4: Umlagerung von Aushub, Ablage einer Flechtwerkmatte und Einlagerung von Hölzern

Phase 4 (**Taf. 67**) ist eine stratigrafisch sehr komplexe Abfolge von Befunden insbesondere im Westteil der Baugrube und auf den Böschungen⁶¹³. Die stratigrafische Situation lässt nur den Schluss zu, dass die gesamte Befundgruppe zeitlich sehr nah zusammenliegend entstanden sein muss.

Trotz der Probleme einer klaren Untergliederung lassen sich allerdings relativchronologische Entwicklungen erkennen. Zu Beginn von Phase 4 hat sich unmittelbar auf der Kanalsohle die wenige Zentimeter mächtige schmierig-schluffige Schicht Bef. S2-87 abgelagert (**Taf. 77**). Es handelt sich um eine dünne Schwemmschicht, die sich in kleinen Mulden und Vertiefungen der Baugrube während der

613 Anfangs wurde versucht, diese Phase in mehrere Unterphasen zu differenzieren. Aufgrund der chaotischen Schichtverzahnungen von Versturzschichten/Kolluvien auf den Böschungen, Gruben- und Gräbchenverfüllungen sowie umgelagertem Aushub war dies allerdings nicht möglich.

Arbeiten als Suspensionsfracht im dort stehenden Wasser abgesetzt haben dürfte. Der Feldansprache zufolge handelt es sich um eine limnische Fazies⁶¹⁴.

Vermutlich mehr oder weniger zeitgleich kam es mit Bef. S2-88 und 89 zum Auftrag umgelagerter Sande und Lehme auf und vor dem Absatz am westlichen Baugrubenrand (**Taf. 77; 81, 2; 88, 2**). Auf 413,96 m üNN und damit direkt an der Basis der Befunde bzw. auf der Grabensohle fanden sich Holzabschläge und Bauholzabfälle. Weitere Holzreste (**Tab. 9; 15**) – teilweise dendrodatiert mit Waldkante des Jahres 793 – fanden sich innerhalb der Befunde und belegen, dass es sich um während der Bauarbeiten verlagertes Aushubmaterial handelt. In Bodenart und Bodenfarbe entspricht der hellbraune lehmige Sand Bef. S2-88 dem abgegrabenen fluvialen Sediment von Bef. S2-31 und 42 aus Phase 0. In den stark durchmischten Bef. S2-89 aus tonigen und sandigen Schütt- oder Rutschungsschichten sind stärker lehmig-tonige Komponenten mit grau-bläulichen Farben eingearbeitet (**Taf. 88, 2**), wie sie in Form der fluvialen Sedimente Bef. S2-43 und 47 aus Phase 0 beim Aushub der Baugrube abgegraben wurden. Es ist daher zu vermuten, dass das Material aus der unmittelbaren Nähe stammt⁶¹⁵. Es dürfte am ehesten in der tiefer liegenden Osthälfte der Baugrube abgegraben und am Westrand abgelegt bzw. zwischengelagert worden sein. Warum der Aushub nicht direkt aus der Baugrube abtransportiert wurde, muss offenbleiben.

Besonders bei Bef. S2-88 erlaubten aufgrund der starken Ähnlichkeit zum unberührten anstehenden Material erst die eingelagerten Bauholzreste eine eindeutige Ansprache als verlagerter Aushub. Diese Späne belegen außerdem, dass im Nahbereich während der Entstehung des Befundkomplexes Holzarbeiten stattgefunden haben müssen.

Das Schichtpaket Bef. S2-89 ist im Ostteil chaotisch mit Bef. S2-30 verzahnt (**Taf. 77; 88, 2**). Bef. S2-30 bildet den Kern des »Abraumhaufens«, der nach Osten und Westen abfällt und in beiden Profi-

len deutlich erkennbar ist (**Taf. 81, 2**). Stratigrafisch zugehörig ist außerdem Bef. S2-204. Das Sandpaket liegt stratigrafisch über Bef. S2-89, war sehr locker gelagert und enthielt ebenfalls Holzreste (**Tab. 10**). In Bodenart und Bodenfarbe entspricht Bef. S2-30 den gelbbraunen Sanden des Anstehenden. Auf bzw. in diesem Sandhaufen lag an seiner östlichen Böschung die rechteckige Flechtwerkmatte Bef. S2-79 auf (**Taf. 73–74; 82, 1; 89, 1–2; 90, 1; Tab. 9; 15**), die auch die relativchronologisch ältere Schicht Bef. S2-87 überlagert. Die Flechtwerkmatte wird ihrerseits durch weitere Sand- und Lehmschichten überlagert, insbesondere die hellgrau-bläuliche und organikreiche lehmig-tonige Schicht Bef. S2-29, die in ihrem Erscheinungsbild an das anstehende Material von Bef. S2-43 und 47 erinnert, jedoch zahlreiche Holzabfälle enthielt (**Tab. 9**). Anzuschließen ist daran außerdem Bef. S2-202 zwischen Flechtwerkmatte Bef. S2-79 und dem liegenden Spaltholz Bef. S2-78 (**Taf. 82, 1; 129, 1; 137, 2; Tab. 9; 15**). Die Matte Bef. S2-79 muss also abgelegt worden sein, während der »Abraumhaufen« entstand. Es ist zu vermuten, dass die Matte der Baugrundstabilisierung diene. Vergleichbare Konstruktionen begegnen andernorts bereits im Neolithikum zur Befestigung von Wegen und Laufflächen in Feuchtbodenbereichen und Mooren, auch die Zusammensetzung längerer Wege aus Einzelmatten ist archäologisch belegt⁶¹⁶. Aus dem Frühmittelalter sind entsprechende Befunde zur Wege- und Baugrundbefestigung gut bekannt. Im Hafenbereich von Haithabu (Lkr. Schleswig-Flensburg/DE) dienten sie beispielsweise als Substruktion der Stabilisierung von dünnen Sandpackungen, die als Lauffläche aufgebracht wurden. Die dortigen Matten wurden in Einzelsegmenten senkrecht stehend hergestellt und dann liegend verbaut, wie es auch für Bef. S2-79 wahrscheinlich ist⁶¹⁷.

Relativchronologisch folgt diesem Befundkomplex eine Befundgruppe aus Bauhölzern, Verfüll- und Versturzsichten, die komplex miteinander verzahnt sind. Dazu gehören u. a. die Verfüllschich-

⁶¹⁴ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 8–9. – Leitholdt 2016, 318–319.

⁶¹⁵ Für eine abschließende Bewertung ist die Auswertung der sedimentologischen Laboranalysen abzuwarten.

⁶¹⁶ Vgl. exemplarisch Brunning/McDermott 2013, 371–373. – Schönfeld 2009, 147.

⁶¹⁷ Vgl. Clarke u. a. 2010, 34. – Messal 2018, 45–46; 2017, 116. – Schietzel 2014, 111–116. – Kalmring 2010, 276–277.

ten der Gräbchen und (Pfosten-) Gruben am Fuß der westlichen Baugrubenböschung (Bef. S2-71, 92, 97, 98; Verfüllschichten Bef. S2-90, 93, 95 und wohl auch Bef. S2-201). Insbesondere die Verfüllungen der (Pfosten-)Gruben waren sehr organik- und faserreich. Auf dem »Abraumhaufen« und auch auf der Gräbchenverfüllung Bef. S2-71 lag ein Komplex aus mehreren bearbeiteten horizontal gelagerten Hölzern (**Taf. 75, 1; 77; 81, 2; Tab. 9; 15**). Relativchronologisch am ältesten ist das gegabelte Holz Bef. S2-77 (**Taf. 75, 1; 81, 2; 91, 1; Tab. 9**), das starke Ähnlichkeiten mit dem gegabelten Holz Bef. S2-200 aus Phase 3 aufweist. Im Gegensatz zu Bef. S2-200 handelt es sich jedoch nicht um Kernobstholz, sondern um Gemeine Hasel (*Corylus avellana*).

Auf diesem Holz lagen – eingebettet in die mudartige, organikreiche Schicht Bef. S2-65 – die teilweise sehr großen Holzteile Bef. S2-28, 56 und 203 annähernd horizontal auf (**Taf. 75, 1; 135–136; 137, 1**). Bef. S2-28 befand sich zu großen Teilen im Grabungsschnitt, während von Bef. S2-56 und 203 lediglich die Endstücke in Profil 2 (**Taf. 77**) erfasst waren⁶¹⁸.

Alle genannten Hölzer konnten dendrochronologisch datiert werden (**Tab. 15**). Die jüngste Waldkante von Bef. S2-28 mit Fälldatum Frühjahr 793 markiert den entscheidenden *terminus post quem* für die stratigrafisch darüber liegenden Phasen. Die anderen beiden Hölzer Bef. 56 (Waldkante 792, Fällung 792 oder Winter 792/793) und Bef. S2-203 (Waldkante Spätholz 792, Fällung Winter 792/793) datieren jedoch früher und deuten eine gewisse zeitliche Tiefe innerhalb der Fällaktivitäten dieses Holzkomplexes an.

Auf dem Scheitel des »Abraumhaufens« lag außerdem eine größere Ansammlung von Holzspänen (Bef. S2-36), die in horizontaler Lage in Bef. S2-29 eingebettet waren (**Taf. 71; Tab. 9**). Den dendrochronologischen Analysen zufolge gehören mindestens zwei der Späne aus Bef. S2-36 mit hoher Wahrscheinlichkeit zu dem an der östlichen Böschung eingebrachten Pfahl Bef. S2-39 (**Taf. 76**)⁶¹⁹. Dies bestätigt das bereits während der Grabung gewonnene

Gesamtbild, dass auf dem Abraumhaufen zahlreiche größere und kleinere Bauholzabfälle und wohl auch Halbfertigprodukte bzw. »Rohlinge« wie Bef. S2-28 (**Taf. 85, 1**) vergesellschaftet sind (**Tab. 9**).

Der Zusammenhang zwischen den Holzabfällen Bef. S2-36 und den verbauten Pfählen am Ostrand der Baugrube hat eine zentrale Bedeutung für die relativchronologische Abfolge der Phasen 4 und 5, zwischen denen es ansonsten keinen klaren chronologischen Zusammenhang gibt – in der Harris-matrix sind diese beiden Phasen als einzige in ihrer Reihenfolge austauschbar, ohne dass es logische Fehler in der Relativchronologie gibt. Da es sich bei den längs abgespaltenen Spänen aus Bef. S2-36 aller Wahrscheinlichkeit nach um Abfälle des Zubeilens der Pfähle handelt, gibt es prinzipiell drei Interpretationsmodelle:

Modell 1: Das Zubeilen erfolgte im Bereich des erhöht liegenden »Abraumhaufens« (Bef. S2-29, 30, 88, 89) und die fertigen Pfähle wurden dann an ihren Verwendungsorte am östlichen Baugrubenrand gebracht, während die Abfälle vor Ort belassen wurden. Eine Bearbeitung an dieser Stelle hatte vermutlich den Vorteil, dass der erhöhte Bereich trockener war als der tiefer liegende Ostteil der Baugrube, in dem zumindest temporär flaches Wasser stand (vgl. Bef. S2-87). Die regelhafte und horizontale Lage der Späne Bef. S2-36 vermittelt den Eindruck einer *in situ*-Situation, was für dieses Szenario spricht.

Modell 2: Das Zubeilen erfolgte am östlichen Baugrubenrand, die Abfälle wurden abschließend weggeräumt und im Bereich des »Abraumhaufens« abgelegt. Angesichts der geringen Größe einzelner Fragmente, die von der nassen Baugrubensohle hätten aufgelesen werden müssen, und dem nicht ersichtlichen Nutzen, erscheint dies allerdings nicht plausibel.

Modell 3: Das Zubeilen erfolgte außerhalb der Baugrube, und die Späne sind nach Fertigstellung der Pfähle in die Baugrube abgerutscht. Die regelhaft horizontale Lage der Späne auf dem Scheitel des »Abraumhaufens« mit erheblichem Abstand zum Böschungsfuß spricht klar gegen dieses Szenario.

⁶¹⁸ Beide Hölzer wurden am Ende der Grabung für weitere Analysen aus dem Profil geborgen.

⁶¹⁹ Fz. 18 und 19.

Da Modell 1 aufgrund der gesamten Befundsituation mit Abstand die größte Plausibilität hat, ist davon auszugehen, dass der »Abraumhaufen« und damit die gesamte Phase 4 relativchronologisch vor Phase 5 einzuordnen ist. Der zeitliche Abstand dürfte jedoch minimal sein – im Extremfall könnte beides an einem Tag stattgefunden haben, ein Abstand von mehr als einigen Wochen erscheint sehr unwahrscheinlich.

Phase 5: Pfahlreihe am Ostrand der Baugrube

In Phase 5 (**Taf. 67**) wurde am Ostrand der Baugrube eine Reihe von Eichenpfählen eingebracht, um die Böschung zu stabilisieren (**Taf. 78, 2; 84, 1–2**). Wie bereits erläutert, ist die relativchronologische Beziehung zu Phase 4 nicht eindeutig aus der Stratigrafie abzuleiten und beide Phasen dürften zeitlich sehr eng beieinander liegen.

Die angespitzten Eichenpfähle wurden nach dem Aushub der Baugrube in einer böschungsp parallelen Reihe in den Untergrund eingebracht bzw. eingerammt. Wie besonders deutlich bei den Pfählen Bef. S2-32 und 41 in den Profilen 1 und 2 erkennbar (**Taf. 77**), liegen die Hölzer dem Neigungswinkel der Baugrube folgend unmittelbar auf der Böschung auf und wurden dementsprechend schräg eingerammt (**Taf. 86, 1**). Die fest verbackenen Sande und Kiese von Bef. S2-85 wurden beim Einbringen der Pfähle durchstoßen und ziehen unmittelbar an die Pfähle. Eine Baugrube ist nicht erkennbar, in der nachfolgenden Phase 6 wurde jedoch zwischen der Böschung Bef. S2-69 bzw. den abgestochenen Befunden S2-42, 43 und 85 und den Rückseiten der Pfähle an einigen Stellen mit Bef. S2-99 eine maximal 1 cm dicke tonig-schmierige Schicht in den Zwischenraum zwischen Pfählen und Böschung eingeschwemmt (**Taf. 78, 1**, Profil 10; **86, 2**). Diese Schicht geht fließend in das Kolluvium Bef. S2-18 auf der Böschung über (**Taf. 77**).

Die Pfähle Bef. S2-22, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41 und 66 zeigen ein relativ einheitliches Er-

scheinungsbild (**Taf. 84, 1–2; 130, 2; 131, 1–2; 131, 3; 132, 1–2; 133, 1–2; 134, 1–2; Tab. 15**). Sie waren durchweg mit der Spaltfläche zur Fahrrinne und mit der teilweise rund belassenen Splintseite zur Böschung ausgerichtet. Eine gleichermaßen verbindliche Ausrichtung der Bauhölzer, allerdings genau gegensätzlich gedreht, findet sich in Schnitt 1⁶²⁰. Manche Pfähle sind sehr eng Kante an Kante gesetzt und bilden eine annähernd geschlossene spundwandartige Fläche, teilweise gibt es zwischen den Pfählen aber auch größere Zwischenräume durch Versatz in alle Richtungen. In der Draufsicht ist erkennbar, dass die Pfähle nicht immer in einer sauberen Linie platziert wurden und sich teilweise leicht überlappen (**Taf. 72; 84, 2; 85, 1**). Die Pfahlspitzen wurden in einigen Fällen beim Einrammen deutlich gestaucht und es kam zu seitlichen Abrissen (**Taf. 129, 2; 131, 2**).

Die Kopfbereiche waren bei allen Pfählen im Originalzustand erhalten. Nach dem Einrammen wurden die Pfahlköpfe leicht schräg abgebeilt, möglicherweise um die gestauchten und ausgesplitterten Pfahlköpfe haltbarer und weniger anfällig für die Verwitterung zu machen (**Taf. 84, 1; 85, 1**)⁶²¹. Diverse Holzabfälle vor der Pfahlreihe (**Taf. 72; 76; 85, 2; Tab. 9; 15**) gehören wohl ebenfalls in Phase 5 und sind zumindest teilweise mit dem Vorgang des finalen Ablängens in Verbindung zu bringen. Ob der Eichenklotz Bef. S2-207 (**Taf. 77; 137, 3**), der etwa 1 m westlich der Pfahlreihe auf der Kanalsohle auflag, ebenfalls in Phase 5 oder bereits in Phase 4 gehört, ist relativchronologisch nicht zu entscheiden⁶²².

Durch die erhaltenen Pfahlköpfe lassen sich die Gesamtlängen der Hölzer präzise angeben. Die Pfähle sind mit durchschnittlich 1 m Länge und 18 cm Breite deutlich kleiner dimensioniert als in Schnitt 1, die Stärke entspricht sich dagegen exakt⁶²³. Das kürzeste Exemplar Bef. S2-34 (**Taf. 131, 3**) ist nur 76 cm lang und war lediglich 0,5 m tief in den Boden eingetieft. Gegenüber den in Schnitt 1 rekonstruierten Einrammtiefen von mindestens 120 cm bedeutet dies eine signifikant flachere Gründung der Pfähle⁶²⁴. Es

⁶²⁰ Vgl. dazu bereits Werther u. a. 2015, 171. – Werther 2016, 110.

⁶²¹ Zur Förderung des Holzabbaus durch Risse/Aufsplitterung vgl. Brischke/Rolf-Kiel 2010.

⁶²² Für die Auswertung wurde er aufgrund der räumlichen Nähe Phase 5 zugeordnet.

⁶²³ Schnitt 1: Median Länge 168 cm, Median Breite 25,5 cm, Median Stärke 9 cm (N = 10). Schnitt 2: Median Länge 105 cm, Median Breite 18 cm, Median Stärke 9 cm (N = 11).

⁶²⁴ Vgl. Werther u. a. 2015, 169.

ist anzunehmen, dass damit den unterschiedlichen Baugrubentiefen und Standfestigkeiten des Ausgangsmaterials bzw. dem zu erwartenden Erddruck Rechnung getragen wurde.

Das Sohlniveau der Kanalarinne am östlichen Böschungsfuß unmittelbar an den Pfählen liegt bei 414,10–414,25 m üNN. Die Pfahlköpfe befinden sich (mit Ausnahme von Bef. S2-11) auf einer Höhe von 414,45–414,55 m üNN (**Taf. 78, 2**). Daraus ergibt sich eine freiliegende bzw. sichtbare Höhe des Holzverbau von 25–40 cm über Grund (**Taf. 77; 85, 2**). Dieser Teil der Pfähle ist teilweise durch Verfärbungen gekennzeichnet und generell als Verwitterungszone anzusprechen (**Taf. 84, 1**).

Abgesehen von den insgesamt deutlich geringeren Dimensionen der Einzelhölzer und der flacheren Gründung zeigt die Pfahlreihe in ihrer Grundkonstruktion starke Ähnlichkeiten mit der Uferbefestigung in Schnitt 1. Etwa in der Mitte der in Schnitt 2 erfassten Pfahlreihe befindet sich mit dem Pfahl Bef. S2-11 jedoch ein konstruktiv abweichendes Holzbauteil (**Taf. 78, 1–2; 84, 1; 130, 1**). Der massive kantig bebeilte Pfahl mit quadratischem Querschnitt liegt ebenfalls schräg auf der Böschung auf, ragt jedoch etwa 50 cm über die anderen Pfähle hinaus. An seinem deutlich verwitterten Kopfende sind Reste eines Zapfloches bzw. einer Hälsung zu erkennen, in die ein quer und damit böschungsparell liegendes Holz eingesetzt werden konnte (**Taf. 86, 2**). Die Funktion von Bef. S2-11 und der Ausarbeitung im Kopfbereich ist unklar und direkte Vergleiche konnten nicht identifiziert werden. Denkbar wäre eine besondere Nutzung/Funktion während des Bauablaufes oder auch eine Sonderfunktion für den Kanalbetrieb, beispielsweise als Führung für Treidelleinen, Festmachpflock oder Ähnliches.

Alle Waldkanten (Bef. S2-11, 22, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 40 und 41) datieren einheitlich an den Beginn der Vegetationsperiode 793, die Bäume wurden also im April/Mai eingeschlagen (**Tab. 15; Taf. 114, 5; 115, 1**). Da Lagerspuren wie oberflächlicher Pilzbefall fehlen, muss das Einrammen zeitnah nach dem Holzeinschlag im Frühjahr 793 erfolgt sein.

Phase 6: Materialverlagerungen auf den Böschungen

Nach dem Einbringen der Pfähle in Phase 5 kam es auf den Grabenböschungen zu kolluvialen Materialverlagerungen (**Taf. 77; 81, 1; 86, 1**). Diese Materialverlagerungen müssen in großer zeitlicher Nähe zu Phase 4 und 5 stattgefunden haben, da die entsprechenden Schichten zumindest am Ostrand der Baugrube teilweise verzahnt sind. Einige der Kolluvien weisen aufgrund ihrer dunklen Färbung auf eine Anreicherung mit organischem Material oder die Einarbeitung des humosen fossilen Oberbodens Bef. S2-2 und 46 hin.

In der Harrismatrix (**Taf. 67**) wurde das gesamte Schichtpaket auf der östlichen Böschung zu einer Gruppe zusammengefasst. Bef. S2-18 und 99 lagen auf der bauzeitlichen Böschung auf und füllten außerdem den schmalen Zwischenraum zwischen einzelnen Pfählen und der Böschung, beispielsweise hinter Pfahl Bef. S2-11 (**Taf. 78, 1; 86, 2**). Aus Befund S2-99 stammt ein Eichenholzspan (**Tab. 9**). Durch Materialverlagerungen durch die Lücken zwischen den Pfählen hat sich unmittelbar auf der Baugrubensohle zwischen und vor der Pfahlreihe das lehmig-sandige Kolluvium Bef. S2-73 abgelagert (**Taf. 72; 77**). In den Befund waren zahlreiche Holzabschläge eingelagert (**Taf. 85, 2; Tab. 9**). Auf der Böschung liegen außerdem die schluffig-tonigen Schichten Bef. S2-10, 21, 50 und 51 auf, die teilweise über einzelne Pfähle wie Bef. S2-32 ziehen (**Taf. 77; 86, 1**). Lediglich Bef. S2-21 enthielt einige Holzabschläge (**Tab. 9**). Im selben Zeitfenster haben sich auf der westlichen Grabenböschung die dünnen lehmig-schluffigen Kolluvien Bef. S2-17, 27, 57 und 58 abgelagert (**Taf. 77**).

Ebenfalls in Phase 6 eingeordnet wurden die Befunde S2-61, 68 und 72. Die relativchronologische Lage der schluffigen Tonschicht Bef. S2-72 in der Harrismatrix war zunächst irreführend. In Profil 1 (**Taf. 77**) überlagert die Schicht Torf- und Faulschlamm Pakete aus Phase 7 und 8 und wurde daher in Phase 8 eingeordnet. Andererseits lag die schluffig-tonige Schicht teilweise direkt auf der Grabensohle und Bef. S2-85 auf – und enthielt zahlreiche Holzabfälle, die aufgrund der Zuordnung zu einzelnen Pfählen bauzeitlich abgelagert worden sein dürften (**Taf. 72; 76; Tab. 9; 15**). Es liegt die Ver-

mutung nahe, dass die initiale Ablagerung des Befundes bereits in Phase 4–6 stattfand und Teile der Schicht später umgelagert wurden bzw. abgerutscht sind, was während der Grabung nicht erkannt wurde – oder jüngere verlagerte Schichten wie in Profil 1 fälschlich als Bef. S2-72 angesprochen wurden. Um die letztlich irreführende Einordnung des Befundes in der Harrismatrix in Phase 8 zu korrigieren, wurde der Befund für die Matrix in einen älteren Teil »Bef. S2-72« und einen jüngeren verlagerten Teil »Bef. S2-72verl« differenziert (**Taf. 67**). Der ältere Teil wurde relativchronologisch in Phase 6 eingeordnet und gehört damit zu dem großen Paket von bauzeitlichen Kolluvien.

Auch die relativchronologische Lage der sandigen Schluffschicht Bef. S2-68 war in der Harrismatrix zunächst irreführend. In Profil 1 (**Taf. 77**) überlagert die Schicht das Torfpaket Bef. S2-83 aus Phase 8, daher wurde Bef. S2-68 in Phase 8 eingeordnet. In Profil 2 lag die Schicht jedoch direkt auf dem Pfahl Bef. S2-41 und dem Kolluvium Bef. S2-73 aus Phase 6 auf. Vermutlich wurde die Schicht wie Bef. S2-72 bereits in Phase 4–6 abgelagert und Teile der Schicht wurden später umgelagert bzw. sind abgerutscht – oder wurden ebenfalls während der Grabung nicht korrekt angesprochen. Diese Vermutung wird dadurch gestützt, dass in der Befundbeschreibung betont wird, dass der Befund teilweise chaotisch mit eindeutig jüngerem Torf vermischt war. Um die irreführende Einordnung des Befundes in der Harrismatrix in Phase 8 zu korrigieren, wurde auch dieser Befund für die Matrix nachträglich in einen älteren Teil »Bef. S2-68« und einen jüngeren verlagerten Teil »Bef. S2-68verl« differenziert. Der ältere Teil wurde relativchronologisch in Phase 6 eingeordnet und gehört damit ebenfalls zu dem großen Paket von bauzeitlichen Kolluvien.

Etwas unklar ist die Phasenzuordnung von Bef. S2-61. Das verlagerte Sediment liegt auf der westlichen Grabenböschung (**Taf. 77**), es handelt sich vermutlich um einen verlagerten Mischbereich von

Bef. S2-2 und 5. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass das Material *in situ* liegt und noch zum vorbauzeitlichen Material der Phasen 0 und 1 gehört⁶²⁵.

Zusammenfassend lässt sich für Phase 6 festhalten, dass es bald nach dem Aushub der Baugrube in Phase 2 sowohl während der in Phase 4 und 5 durchgeführten Arbeiten als auch unmittelbar danach zu kolluvialen Materialverlagerungen auf den Böschungen kam. Die Einlagerung von bauzeitlichen Holzabschlägen spricht dafür, dass die Ablagerung teilweise zeitgleich mit den Holzarbeiten stattfand. Phase 6 ist die letzte relativchronologische Phase, die noch während der Bauarbeiten im Jahr 793 anzusetzen ist.

Phase 7: Ablagerung von Faulschlamm auf der Grabensohle

Die Ablagerung des dünnen Faulschlammpaketes Bef. S2-82 auf der Kanalsohle in Phase 7 (**Taf. 67**) markiert das Ende der Bauarbeiten und die stärkere Füllung der Baugrube mit Wasser⁶²⁶. Bef. S2-82 lag größtenteils direkt auf der Kanalsohle und dem hart verbackenen Bef. S2-85 auf, überlagert jedoch punktuell auch bauzeitliche Befunde der Phasen 3 und 4, so insbesondere das gegabelte Holz Bef. S2-200, das Kolluvium Bef. S2-73 und auch die schluffige Schicht Bef. S2-87 über der Kanalsohle (**Taf. 77; 82, 2; 86, 1**). Die relativchronologische Position in der Harrismatrix wird besonders durch die Überlagerung von Bef. S2-73 bestimmt.

Die 4–13 cm mächtige Schicht hat sich unter anaeroben Bedingungen am Grund einer offenen Wasserfläche gebildet⁶²⁷. Die größte Mächtigkeit erreicht der Befund in Mulden und Vertiefungen der Kanalsohle (**Taf. 77**). Im basalen Bereich handelt es sich um sehr feinen Faulschlamm, während nach oben hin im Übergang zu den darüber liegenden Torfen der Anteil an größeren unzersetzten botanischen Makroresten zunimmt. In Bef. S2-82 waren auch zahlreiche Holzabschläge eingebettet, die entweder

⁶²⁵ Wenn es sich um kolluvial verlagertes Material handelt, ist außerdem unklar, ob die Verlagerung in Phase 4 oder in Phase 6 stattfand. Da beide Phasen zeitlich allerdings sehr nah beieinanderliegen dürften, ist dies letztlich unerheblich. Für die Auswertung wurde der Befund daher Phase 6 zugeordnet.

⁶²⁶ Vgl. Scheffer/Schachtschabel 2002, 514–515.

⁶²⁷ Vgl. Leitholdt 2016, 316–317. – Zielhofer u. a. 2014. – Scheffer/Schachtschabel 2002, 514–515.

auf dem bauzeitlichen Laufhorizont liegend ein- sedimentiert oder in den Faulschlamm hinein abge- rutscht sein müssen (**Taf. 138, 1; Tab. 9; 15**). Auffällig ist, dass Bef. S2-82 nur im tiefer liegenden östlichen Teil der Baugrube nachweisbar war (**Taf. 77**). Diese Verteilung könnte darauf hinweisen, dass der höher liegende Westteil mit dem »Abraumhaufen« und der bankettartig erhöhten Kanalsohle in Phase 7 (noch) nicht unter Wasser stand oder dort zumindest ande- re Sedimentationsbedingungen herrschten.

Für Phase 7 lässt sich damit zwischen dem »Ab- raumhaufen« mit der aufliegenden Flechtwerkmat- te Bef. S2-79 im Westen und dem Kolluvienpaket vor der Pfahlreihe am Ostrand der Baugrube ein fla- cher, vermutlich einige Dezimeter tiefer Weiher bzw. Tümpel rekonstruieren. Diese Wasserfläche muss ausreichend lange bestanden haben, um die Ablä- gerung von etwa einem Dezimeter Faulschlamm zu ermöglichen⁶²⁸. Es ist von einer Bildungszeit un- mittelbar nach 793 auszugehen. Leider erlauben die ¹⁴C-Analysen (**Tab. 11**) keine genauere Eingren- zung⁶²⁹.

Phase 8: Bildung eines älteren Torfpaketes

In Phase 8 (**Taf. 67**) ist eine zunehmende Verlandung des Wasserkörpers unter semiterrestrischen Bedin- gungen zu konstatieren⁶³⁰. Mit Bef. S2-74, 75, 76, 81 und 83 bildet sich ein bis zu 25 cm mächtiges initia- les Paket aus Bruchwaldtorfen, das den Faulschlamm Bef. S2-82 und auch die Kolluvien aus Phase 6 über- lagert (**Taf. 77; 82, 2**). Am östlichen Kanalrand sind diese Torfe relativ chaotisch mit nachrutschenden Kolluvien verzahnt und vermischt, insbesondere Bef. S2-68verl. und Bef. S2-72verl. (s. Phase 6) sowie Bef. S2-80.

Die Torfschichten waren relativ stark zersetzt, dennoch fanden sich in höherer Zahl als in den älteren Phasen Hölzer ohne Bearbeitungsspuren (**Tab. 10**), schwerpunktmäßig Weide (*Salix* sp. und

Salix cineria) und der Stängel einer Großen Brenn- nessel (*Urtica diocea*). Dies kann als Indiz für einen verstärkten Bewuchs der Rinne und ihrer Ränder gewertet werden. Insbesondere in Bef. S2-81, der di- rekt auf dem Faulschlamm Bef. S2-82 und teilwei- se auch auf der Kanalsohle und Bef. S2-85 auflag, fanden sich außerdem sehr viele Bauholzabschlä- ge (**Tab. 9; 15**). Ein Großteil dieser Späne dürfte ur- sprünglich auf der Kanalsohle liegend in den Torf eingebettet worden sein⁶³¹. Besonders deutlich ist dies für den Span Fz. 451, der dendrochronologisch dem Pfahl Bef. S2-40 zugeordnet werden konnte (**Taf. 76; 112, 2**). Ebenfalls auf dem bauzeitlichen Laufhorizont fand sich als Kuriosum ein steinzeit- liches Silexgerät (**Taf. 144, 4**).

Absolutchronologisch ist für Phase 8 ein Zeit- fenster bald nach dem ausgehenden 8. Jahrhundert anzusetzen, das einzige verwertbare ¹⁴C-Datum aus Bef. S2-76 Cal 2-sigma 665–772 (**Tab. 11**) erlaubt lei- der keinerlei Präzisierung.

Phase 9: Bildung eines jüngeren Torfpaketes

In Phase 9 (**Taf. 67**) setzt sich die Verlandung des Wasserkörpers unter semiterrestrischen Bedingun- gen fort und es bildet sich ein jüngeres Torfpaket aus Bef. S2-24, 25 und 45. Diese Torfe enthielten ein breites Spektrum an Holzresten ohne Bearbeitungs- spuren, darunter Gemeine Hasel (*Corylus avellana*), Heckenkirsche (*Lonicera* sp.), Weide (*Salix* sp. und *Salix cineria*), Erle (*Alnus* sp.) und wie in Phase 8 Stängel der Großen Brennnessel (*Urtica diocea*). Die Ränder der ehemaligen Baugrube dürften demnach dicht bewachsen gewesen sein.

Der Torf Bef. S2-25 (**Taf. 71; 77**) enthielt eine gro- ße Menge von Bauholzabschlägen, die sich in einem maximal 70 cm breiten Streifen vor der Pfahlreihe am Ostrand der Baugrube fanden (**Tab. 9; 15**). In die- sem Bereich war der Torf wie in Phase 8 chaotisch mit Kolluvien und Böschungsmaterial verzahnt⁶³².

⁶²⁸ Im Vergleich mit Schnitt 1 ist die deutlich geringere Mächtigkeit des Faulschlammes zu betonen. Vgl. Werther u. a. 2015, 164–166.

⁶²⁹ Den einzigen verwertbaren Anhaltspunkt liefert MAMS 52407 aus Bef. 82/87 unter dem Holz Bef. 200. Das nach ABA-Aufbereitung gemesene kalibrierte Alter AD 995–1150 erscheint jedoch deutlich zu jung und ist aufgrund der generellen methodischen Probleme der Radiokarbondatier- ungen aus Schnitt 2 und 3 letztlich nicht sinnvoll interpretierbar.

⁶³⁰ Vgl. Leitholdt 2016, 316–317.

⁶³¹ Von Bef. S2-85 löste sich der Torf während der Ausgrabung in grö- ßeren Schollen.

⁶³² Bef. 45 ist beispielsweise eine Mischung aus verlagertem Ton von der Böschung (Bef. 29) mit Torf (Bef. 24), die außerdem mit Bef. 25 verzahnt ist.

Dabei dürften bauzeitliche Holzabfälle in den Torf eingelagert worden sein. Dies gilt beispielsweise für den Span Fz. 341, der dendrochronologisch dem im Frühjahr 793 eingeschlagenen Pfahl Bef. S2-40 zugeordnet werden konnte (**Taf. 76; 112, 2**).

Eine genauere absolutchronologische Datierung durch ^{14}C -Daten ist für Phase 9 leider nicht möglich⁶³³.

Phase 10: Ablagerung von älteren Mudden

In Phase 10 (**Taf. 67**) kommt es zu einem Wechsel der Sedimentationsbedingungen in der ehemaligen Baugrube. Die älteren Torfpakete aus Phase 9 gehen nun in organikreiche Mudden über. Den Übergang markieren die Mischhorizonte Bef. S2-19, 20, 23 und 26, die schluffige Mudden mit eingelagerten Torfresten und –schollen darstellen (**Taf. 77**).

Über diesem Misch- und Übergangshorizont liegt ein molluskenreiches Paket aus horizontal gelagerten Schluff- und Tonschichten, die der limnischen Fazies zuzuordnen sind und als Suspensionsfracht in offenen Wasserflächen entstanden sein müssen⁶³⁴. Bef. S2-12, 13, 14, 48, 49, 53, 54, 55 und 64 bilden ein toniges bis schluffig-muddeartiges Schichtpaket (**Taf. 77**). Den relativchronologisch jüngsten Teil der Befunde in Phase 10 bilden Bef. S2-12, 52, 59 und 60. Die graubraunen Ton- und Schluffschichten mit unterschiedlichen Sandanteilen enthielten ebenfalls teilweise Mollusken und waren weitgehend horizontal gelagert.

Die limnischen Schichten aus Phase 10 enthielten zahlreiche Holzreste ohne Bearbeitungsspuren, das Artenspektrum ist mit Phase 9 vergleichbar (**Tab. 10**). In Bef. S2-19 und 26 waren vereinzelt nach wie vor Holzabschläge eingelagert, die teilweise bauzeitlich datieren (**Tab. 9; 15**). Es ist allerdings damit zu rechnen, dass zumindest ein Teil dieser Späne von der Böschung der Baugrube bzw. des »Abraumhaufens« verlagert ist oder aus Verzahnungsbereichen mit stratigrafisch älteren Schichten stammt (**Taf. 71; 77**).

Das Schichtpaket als Ganzes entspricht den in Schnitt 1 ergrabenen ältesten limnischen Sedimenten, die sich dort im 11./12. Jahrhundert gebildet haben. Die ^{14}C -Daten aus Schnitt 2 (**Tab. 11**) erlauben keine Verifizierung oder Falsifizierung eines ähnlichen Datierungsansatzes für Phase 10.

Phase 11: Ablagerung von jüngeren Mudden

Ebenfalls unter limnischen Bedingungen haben sich in Phase 11 (**Taf. 67**) die jüngsten Schluff- und Tonschichten Bef. S2-3, 8 und 62 (**Taf. 77**) unter dem rezenten Oberboden und Pflughorizont abgelagert. Im Gegensatz zu den älteren Schichten enthielten sie relativ zahlreich Kiesel und Kalksteingrus sowie Ziegelbruch (**Taf. 143, 19; 144, 1**), dafür aber keinerlei Holzreste mehr. Das Schichtpaket ist insgesamt neuzeitlich zu datieren, Bef. S2-3 kann aufgrund der eingelagerten Funde (**Taf. 143**) nicht vor dem 19. Jahrhundert entstanden sein. Auf eine starke Durchmischung dieses neuzeitlichen Schichtpakets verweist eine ^{14}C -Datierung aus Samen und Insektenresten auf dem Niveau von Bef. S2-8, das mit cal 2-sigma 674–862 (**Tab. 11**) auf eingelagertes frühmittelalterliches Material verweist⁶³⁵.

Phase 12: Bodenbildung und Pflugtätigkeit

Phase 12 (**Taf. 67**) stellt mit Bef. S2-1 und 6 den Pflughorizont und die rezente Bodenbildung dar. Bef. S2-6 ist der nicht vom Pflug beeinflusste Teil des Oberbodens (**Taf. 77**). Das Ausgangssubstrat der sehr homogenen Schichten Bef. S2-1 und 6 dürfte ein Hochflutlehm sein. Das reichhaltige Kleinfundspektrum zeigt einen deutlichen Materialeintrag des 20. Jahrhunderts an (**Taf. 143**), der allerdings auch postsedimentär erfolgt sein kann.

Dendrochronologie und Dendrotechnologie der karolingerzeitlichen Bauhölzer

Von der Uferbefestigung am Ostrand der Baugrube wurden die elf Pfähle Bef. S2-11, 22, 32, 33, 34, 35, 37,

⁶³³ Die vorhandenen kalibrierten Radiokarbondaten (**Tab. 11**) fallen teilweise in das Neolithikum (MAMS 52417). Ob es sich dabei ausschließlich um aufbereitungsbedingte Kontaminationen handelt oder die großen Datierungsspannen auch der chaotischen Durchmischung von unterschied-

lichen Schichtpaketen geschuldet sind, lässt sich nicht abschließend entscheiden.

⁶³⁴ Vgl. Leitholdt 2016, 316–319.

⁶³⁵ MAMS 52411.

38, 39, 40 und 41 geborgen und dendroarchäologisch untersucht (**Taf. 84, 1; Tab. 15**). Fünf Pfähle (Bef. S2-22, 32, 33, 34 und 35) wurden von Hand freigelegt und gezogen, alle übrigen mit der Fronthydraulik eines Traktors. Dabei haben die verwendeten Schwerlastschlaufen im Kopfbereich seitliche Beschädigungen hinterlassen (**Taf. 132, 2; 133, 1–2**).

Neben den Pfählen gelang es, die großen liegenden Spalthölzer Bef. S2-28, 56, 78 und 203 zu entnehmen. Die über 3,5 m langen Stücke Bef. S2-28 und 56 mussten dazu mit der Kettensäge abgelängt und Teilstücke mit Schwerlastschlaufen aus den Profilen gezogen werden. Einige Segmente weisen daher berungsbedingt seitliche Kerben auf (**Taf. 135; 136**).

Geborgen und dendroarchäologisch untersucht wurden außerdem weit über 100 Eichenspäne und andere bauzeitliche Holzabfälle, die in die Befunde der Phasen 1–9 einsedimentiert waren (**Taf. 138, 1–2; Tab. 9; 15**).

Das Ausgangsmaterial aller Bauhölzer bilden Eichenstämme (*Quercus* sp.)⁶³⁶. Meist sind sowohl das Mark bzw. die marknahe Zone als auch die Waldkante und damit die vollständige Jahrringserie des jeweiligen Baumes erfasst (**Taf. 111, 1**). Die zwischen 74 und 118 Jahre langen Eichenserien der Pfahlreihe am Ostrand der Baugrube (Bef. S2-11, 22, 32–35, 37–41) wurden untereinander synchronisiert und zu einer Mittelkurve zusammengeführt (**Taf. 112, 1**). Diese Mittelkurve und eine Gesamtmittelkurve aller datierter Eichenjahrringserien aus Schnitt 2 und 3 ließen sich mit der Eichenmittelkurve aus Schnitt 1 und der Eichenchronologie des Keuper und Fränkischen Juras eindeutig in das Jahr 793 datieren⁶³⁷.

Wie das Bauholz aus Schnitt 1 ist der genutzte Waldbestand im näheren Umfeld des Karlsgrabens zu suchen, da auch hier das lokale bis regionale Weiserjahr 769 ausgeprägt ist. Die Jahrringserien weisen allerdings gegenüber Schnitt 1 einen um ein Drittel geringeren jährlichen Holzzuwachs und einen kontinuierlichen Alterstrend auf, außerdem fehlen auffällige Lichtwuchsmuster (**Taf. 112, 1**). Dies

deutet darauf hin, dass in diesem Eichenbestand vor dem Kanalbau kein signifikanter Holzeinschlag stattgefunden hat. Die Jahrringkurven wurden anhand ihres Jahrringmusters und ihrer Gleichläufigkeit vier Dendrogruppen (DG 100–104) zugeordnet (**Taf. 111, 1**). In einigen Fällen, insbesondere in Dendrogruppe 103 und 104, sind Stammgleichheiten möglich.

An insgesamt zehn Pfählen und 17 weiteren Hölzern war eine Waldkantenbestimmung möglich (**Tab. 15**). Die daraus ersichtliche Fällchronologie ist weniger einheitlich als in Schnitt 1 (**Taf. 113, 1**).

Alle Pfähle der Böschungssicherung am Ostrand der Baugrube hatten zum Fällzeitpunkt gerade erst den Frühholzporenkreis ausgebildet, besonders deutlich zeigen dies die Dünnschliffe der Pfähle Bef. S2-11 und 35 (**Taf. 114, 5; 115, 1**). Das bedeutet, dass die Eichen zu Beginn der Vegetationsphase des Jahres 793 (April/Anfang Mai) gefällt wurden⁶³⁸. Auch das große liegende Holz Bef. S2-28 weist eine Waldkante des Jahres 793 auf, bei der gerade erst der Frühholzporenkreis ausgebildet ist (**Tab. 15**). Der Holzeinschlag erfolgte demnach zeitgleich mit dem Baumaterial der Pfahlreihe am Ostrand.

Die liegenden Hölzer Bef. S2-56 und 203 zeigen im Gegensatz dazu eine frühere Schlagphase an. Beide Waldkanten datieren in das Jahr 792 und die stark erodierten Oberflächen verweisen auf eine gewisse Lagerzeit (**Tab. 15**). Bei Bef. S2-203 ist das Spätholz des Jahres 792 deutlich ausgeprägt, der Holzeinschlag erfolgte demnach im Winter 792/793 während der Vegetationsruhe. Die Waldkante von Bef. S2-56 konnte innerhalb des Jahres 792 nicht näher spezifiziert werden, die Fällung ist daher zwischen Frühjahr 792 und Frühjahr 793 anzusetzen.

Ein Großteil der 13 Eichenspäne mit erhaltener Waldkante stammt von Bäumen, bei denen der Jahrring des Jahres 793 bereits angelegt war (**Tab. 15**). Sie gehören wie die Pfähle der Uferbefestigung zur Schlagphase April/Anfang Mai 793. Zwei Späne weisen jedoch auch Waldkanten des Jahres 792 auf und

⁶³⁶ Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf Herzig 15.8.2018, ergänzt durch mündl. Auskünfte von F. Herzig.

⁶³⁷ Korrelationsergebnisse Gesamtmittelkurve Schnitt 2 und 3 zu Chronologie Fränkischer Jura: Gleichläufigkeit: 72,9 %; Weiserjahre: 80,0; t-Wert nach Hollstein 7,0; t-Wert nach Baillie/Pilcher 6,1.

⁶³⁸ Experteneinschätzung F. Herzig.

gehören damit zur Schlagphase vor Beginn der Vegetationsperiode 793.

Die Pfahlreihe am Ostrand der Baugrube mit Bef. S2-22, 32–35, 37–41, 66 (**Taf. 84, 1**) besteht abgesehen von Bef. S2-11 aus Halbhölzern, die aus 20–23 cm starken Stämmen gespalten wurden. Die Seiten sind teilweise besäumt und der untere Teil ist auf 60–70 cm Länge spitz zugebeilt, im Kopfbereich wurden viele der Hölzer jedoch rund belassen (**Taf. 84, 2**). Im Spitzenbereich sind in einigen Fällen deutliche Stauchungs- und Abrissspuren vom Einrammen der Pfähle erkennbar (**Taf. 129, 2**). Die flache Spaltseite der Halblinge wies anders als in Schnitt 1 zum Kanalinernen und die Pfähle waren in ihrer vollständigen Länge erhalten. Alle Köpfe sind schräg abgebeilt (**Taf. 85, 1; 130, 2; 131, 1–3; 132, 1–2; 133, 1–2; 134, 1–2**). Mit durchschnittlich 1 m Länge und 18 cm Breite sind die Bauhölzer deutlich kleiner dimensioniert als die Pfähle in Schnitt 1, die Stärke von 9 cm ist dagegen identisch (**Tab. 15**).

Der Pfahl Bef. S2-11 (**Taf. 130, 1**) zeigt ein völlig anderes Erscheinungsbild. Das vierseitig besäumte Kantholz mit Kantenlängen von 21 cm ist aus einem 23 cm starken Eichenstamm gebeilt und auf einer Länge von 117 cm zugespitzt. Der stark verwitterte Pfahlkopf endet vermutlich in einem 9 cm breiten Zapfloch oder einer gabelförmigen Hälsung und ragt mindestens 50 cm über die übrigen Pfahlköpfe hinaus (**Taf. 86, 2**). Zapfloch oder Hälsung deuten auf ein dort eingelegtes parallel zur Kanalwand verlaufendes Kantholz unbekannter Funktion hin, welches etwa 40 cm oberhalb der übrigen Pfahlköpfe verlaufen wäre.

Die zahlreichen Späne und Holzabschläge konzentrieren sich räumlich im Bereich des »Abraumhaufens« (Bef. S2-29, 30, 88, 89) am Westrand der Baugrube sowie in einem etwa 1 m breiten Streifen entlang der Pfahlreihe am Ostrand der Baugrube (**Tab. 9**). Die Übereinstimmung der Jahrringserien einzelner Späne und Pfähle fiel teilweise so hoch aus, dass Späne einzelnen Pfählen zugewiesen werden konnten (**Taf. 112, 2**).

Die acht sicher den Pfählen Bef. S2-39 und 40 zugeordneten Späne (**Taf. 76; 112, 2**) gruppieren sich zu einem westlichen Cluster im Bereich des »Abraumhaufens« und zu einem östlichen Cluster im Vorfeld der Pfahlreihe⁶³⁹. In jeder Gruppe sind Späne beider Pfähle enthalten. Das östliche Cluster lag in einem Abstand von maximal 1 m unmittelbar vor den Pfählen Bef. S2-39 und 40 (**Taf. 76**). Hierbei dürfte es sich um Splitter handeln, die sich während oder nach dem Einrammen von den Pfählen gelöst haben, sowie um Späne, die im Zuge des Abbeilens der Pfahlköpfe nach dem Einrammen in einem gewissen Streukreis zu Boden fielen. Das westliche Cluster lag zusammen mit zahlreichen größeren Holzabfällen (Bef. S2-36), Brett- und Spaltholzfragmenten (Bef. S2-78 und 203) und großen Halbhölzern (Bef. S2-28 und 56) auf der Oberfläche des »Abraumhaufens« auf.

Bef. S2-28 ist ein gespaltenes und sauber gebeiltes Halbholz, das am Südende eine Spitze und etwa 10 cm vom Nordende eine beidseitige Einkerbung aufweist (**Taf. 85, 1**). In Machart und Querschnitt (Breite 22 cm, Stärke 8 cm) entspricht das Holz den eingerammten Pfählen am Ostrand der Baugrube. Angesichts der bereits zugebeilten Spitze und einer Länge von insgesamt 357 cm dürfte es sich um einen Pfahlrohling handeln, aus dem mehrere Einzelpfähle der am Ostrand nachgewiesenen Dimension gewonnen werden konnten. Gleiches gilt für das 367 cm lange Halbholz Bef. S2-56 (**Taf. 136**), das am Südende ebenfalls bereits angespitzt war und in Machart und Querschnitt (Breite 16 cm, Stärke 9 cm) zu den kleineren eingerammten Pfählen am Ostrand der Baugrube passt.

Das geschilderte Materialspektrum erlaubt in der Zusammenschau daher die Arbeitshypothese, dass auf dem erhöhten »Abraumhaufen« am Westrand der Baugrube (**Taf. 82, 1**) Pfähle in den gewünschten Längen aus größeren Rohlingen abgelängt, zugebeilt und angespitzt wurden. Die horizontale Einlagerung der Abfälle auf der Oberfläche des »Abraumhaufens« – insbesondere das Abfallpaket Bef. S2-36 – spricht für eine *in situ*-Situation des Werkplatzes

⁶³⁹ Westgruppe: Fz. 18, 19, 426, 490. – Ostgruppe: Fz. 341, 411, 429, 451.

(Taf. 76). Im Gegensatz zur *Chaîne opératoire* in Schnitt 1 erfolgten hier also offenbar umfangreiche Arbeitsschritte unmittelbar in der Baugrube und es wurden größere Stammsegmente vom Fällort zur Baustelle transportiert. Die etwa 3,5 m langen Rohlinge Bef. S2-28 und 56 dürften von einer Person effizient zu bewegen gewesen sein. Die starken Erosionsspuren an den beiden Hölzern Bef. S2-56 und 203 sprechen dafür, dass diese Hölzer nach dem Fällen eine längere Zeit ungeschützt der Witterung ausgesetzt waren.

Im Zusammenhang mit diesem Werkplatz steht auch die rechteckige Flechtwerkmatte Bef. S2-79 (Taf. 73; 82, 1; 89, 1–2; 90, 1; Tab. 9; 15). Wie bereits diskutiert, ist sie in den »Abraumhaufen« eingelagert und muss während seiner Genese abgelegt worden sein. Die hervorragend erhaltene Matte besteht aus 3 cm starken und 70 cm langen Rundholzstaken im Abstand von ca. 30 cm, um die 0,6–1,6 cm starke Ruten gewunden waren⁶⁴⁰. Einige Ruten sind wiedenartig gedreht und verknotet (Taf. 89, 1–2), das Holz muss dafür vor der Verwendung gewässert und möglicherweise sogar erhitzt worden sein⁶⁴¹. Die Staken sind aus 1- bis 2-jährigen schnell wachsenden Weidenrundhölzern hergestellt, es könnte sich z. B. um Silberweide (*Salix alba*) handeln. Die Ruten stammen größtenteils von langsamer wachsender Grauweide (*Salix cineria*) und haben bis zu 16 Jahrringe, vereinzelt kamen außerdem Birkenzweige zum Einsatz (Tab. 9). Das Rohmaterial für die Matte dürfte aus den Grauweidenbüschen in den Auen von Altmühl und Rezat sowie ihren kleineren Zuflüssen stammen (Taf. 109, 3). Die *Chaîne opératoire* ist relativ komplex, da zumindest ein Teil der Ruten gewässert und zu Wieden gedreht werden musste, bevor das eigentliche Flechten erfolgen konnte.

Abschließend soll auf die beiden gegabelten Hölzer Bef. S2-77 und 200 eingegangen werden (Taf. 73; 75, 1; 90, 1–2; 91, 1; 139, 1; Tab. 9; 15). Beide Rund-

hölzer datieren an den Beginn der Bauarbeiten (Phase 3–4) und lagen nahezu identisch ausgerichtet mit abgelängten Gabelungen am Südenende auf der Sohle der Baugrube. Die Hölzer müssen daher während oder unmittelbar nach dem Baugrubenaushub abgelegt worden sein. Bei Bef. S2-200 handelt es sich um ein 1,7 m langes Kernobstholz (Pomoideae) mit einem Durchmesser von 6,5 cm. Infrage kommen beispielsweise Apfel, Birne, Mehlsbeere/Eberesche oder Weißdorn⁶⁴². Diese Hölzer haben eine hohe Festigkeit und dienten früher als »Spezialholz für technische Verwendungszwecke« wie etwa Walzen, Spulen, Spindeln, Messwerkzeuge und Werkzeuggriffe⁶⁴³. Ein technischer Verwendungszweck mit hoher Beanspruchung ist daher denkbar. Formal vergleichbare, meist jedoch etwas stärkere und längere, gegabelte Rundhölzer finden sich gelegentlich in frühmittelalterlichen Siedlungskomplexen und werden im Bauzusammenhang meist als »Firstständer« bzw. »Firstsäulen« angesprochen⁶⁴⁴. Bei S2-77 handelt es sich dagegen um Gemeine Hasel (*Corylus avellana*), die keine vergleichbare Festigkeit aufweist und im Baubereich vor allem als Material für Flechtwerk Verwendung findet⁶⁴⁵. Das Objekt wurde nur teilweise erfasst, die Gesamtlänge ist daher größer als 1,2 m.

In der Zusammenschau der beiden Gabelhölzer (Taf. 75, 1) wäre es durchaus denkbar, dass sie eine gemeinsame Funktion erfüllten. Eine Option wäre beispielsweise, dass es sich um Tragpfosten eines Zeltes oder Unterstandes handelt, die ursprünglich abgespannt waren und einen Wetterschutz fixierten. Entsprechende Unterstände für (bau-)handwerkliche Tätigkeiten sind in diversen mittelalterlichen Bildquellen überliefert⁶⁴⁶. In einer Linzer Chronik der Zeit um 1300 ist in einer Miniatur eines Baustellenbetriebes sogar ein Unterstand von Bauhandwerkern dargestellt, dessen Dach auf genau solchen Gabelhölzern ruht (Taf. 91, 2)⁶⁴⁷.

⁶⁴⁰ Vgl. Herzog 15.8.2018. – Vgl. auch <https://de.wikipedia.org/wiki/Wiede> (7.1.2019).

⁶⁴¹ Mündl. Auskunft F. Herzog.

⁶⁴² Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Kernobstgew%C3%A4chse> (21.2.2019).

⁶⁴³ Grosser 2011.

⁶⁴⁴ So etwa Kalmring 2010, 324–325. – Schuldt 1988, 33–35.

⁶⁴⁵ Vgl. Westphal 2006, 15.

⁶⁴⁶ Vgl. Binding 2001, 78 Nr. 237; 80 Nr. 241.

⁶⁴⁷ Linzer Weltchronik, 84:40v.

Sonstige Funde

Abgesehen von Holz stammen die meisten sonstigen Kleinfunde aus Schnitt 2 aus den stratigrafisch jüngsten Schichten. Insgesamt erbrachte der Grabungsschnitt lediglich 115 relevante Kleinfunde. Davon entfallen 63 Objekte auf Keramik (55 %), 18 Objekte auf Ziegel und Brandlehm (16 %), 13 Objekte auf Glas (11 %), 3 Objekte auf Tierknochen (3 %) und die restlichen Objekte auf Eisen, Buntmetall und Schlacke/Schmelze. Chronologisch und funktional aussagekräftig ist wiederum nur ein kleiner Teil der Funde.

86 % des **keramischen Materials** sind glasierte Drehscheibenwaren sowie Fragmente malhornverzierter Gefäße (**Taf. 143, 3–4. 7. 9. 11. 17–18. 21–22**). Ein Großteil dieser Objekte des mittleren 15. bis 20. Jahrhunderts stammt aus den stratigrafisch jüngsten Befunden S2-1 und 3 und ist chronologisch kaum relevant. Drei Scherben aus Bef. S2-3 stammen von handgemachten Gefäßen vorgeschichtlicher Machart (**Taf. 143, 14–15**). Ebenfalls in Bef. S2-3 fand sich die Bodenscherbe eines handgefertigten oder maximal nachgedrehten Standbodengefäßes des Früh- oder Hochmittelalters (**Taf. 143, 13**). Diese Scherbe ist das einzige möglicherweise bauzeitliche Keramikfragment aus allen drei Grabungsschnitten. Durch den Fundkontext und die Vergesellschaftung mit zweifelsfrei vorgeschichtlichen und neuzeitlichen Objekten ist die Herkunft allerdings völlig unklar, sodass sich eine weitergehende Interpretation verbietet.

Verglichen mit dem Material aus Schnitt 1 fanden sich auffallend wenige **Ziegel- und Brandlehmfragmente**. Das stratigrafisch älteste Einzelstück stammt aus Bef. S2-4, die Zuordnung und Ansprache ist jedoch unsicher. Eindeutig als Ziegel ansprechbare und sicher verortete Stücke treten in Bef. S2-8 und den darüber liegenden Schichten in Erscheinung (**Taf. 143, 19; 144, 1**). Wie für die Funde aus Schnitt 1 ausgeführt, dürfte ein Großteil des Ziegelbruchs

in das Spätmittelalter und die Neuzeit zu datieren sein. **Schlacken und Schmelzen** fehlen bis auf ein Kleinstfragment, das jedoch nur grob »unter Bef. 1« verortet ist. **Eisenobjekte** liegen nur aus Bef. S2-1 und 3 mit jeweils einem Einzelstück vor, und anderes als in Schnitt 1 fehlen Nägel völlig. Der Hammerkopf mit erhaltenem Eisenkeil zur Fixierung des Stieles (**Taf. 143, 1**) dürfte neuzeitlich sein. Nicht datierbar ist ein massiver 10 cm langer eiserner Nagel oder Wandanker mit rechteckigem Schaft (**Taf. 143, 23**). Vergleichbare Stücke stammen vom Heiligenberg bei Heidelberg (Stadt Heidelberg/DE) und aus Ospringe (Kent/GB), wo sie als Wandanker angesprochen sind⁶⁴⁸. Möglich wäre auch eine Ansprache als Schienen- bzw. Schwellennagel und damit eine Datierung in oder nach die Bauzeit der nahe gelegenen Eisenbahnstrecke in den 1860er-Jahren⁶⁴⁹.

Einige **Glasfunde** stammen aus Bef. S2-1 und 3. Großteils handelt es sich um modernes Flach- und Hohlglas (**Taf. 143, 6. 12**). Eine Kuriosität stellt ein kleiner hohl geblasener Glasvogel dar, der möglicherweise als Applikation an einem anderen Objekt angebracht war (**Taf. 143, 10**). Lediglich das stratigrafisch nicht sicher zugeordnete Mündungs- und Halsfragment einer kleinen Glasflasche (**Taf. 143, 24**) könnte vormodern zu datieren sein⁶⁵⁰.

Die jüngsten **sonstigen Funde** der Grabung aus dem Pflughorizont Bef. S2-1 sind eine keramische Sicherung und ein Kronkorken einer regionalen Brauerei (**Taf. 143, 2. 8**), beides datiert in das 20./21. Jahrhundert.

Schwer interpretierbar ist der älteste Kleinfund der Grabungskampagnen am Karlsgraben. Das **Silexartefakt** (**Taf. 144, 4**) fand sich in Bef. S2-83 fast auf der Kanalsohle und damit auf dem bauzeitlichen Laufhorizont vor der Pfahlreihe am Ostrand der Baugrube. Die Bestimmung durch Clemens Pasda ergab, dass es sich um ein 59 mm × 28 mm × 13 mm großes, modifiziertes Distalfragment einer Klinge mit Kortex handelt. Das Rohmaterial ist ein brauner Jurahornstein wahrscheinlich lokaler bis regionaler

⁶⁴⁸ Gross 2012, Taf. 77, 10. – Goodall 2011, 188 Abb. 9.11, H233.

⁶⁴⁹ Vgl. www.themt.de/grossbild/track/20100221-schienen-nagel (11.10.2018). – www.themt.de/grossbild/events/20090912-5026 (11.10.2018). – www.hessencourrier.de/category/schotterparadies/

(11.10.2018). – Zum Bau der Bahnstrecke Schwarz 1962a, 323. – Meidinger 1984.

⁶⁵⁰ Vgl. Baumgartner/Krueger 1988, 278–279. 316–328. 418–420.

Herkunft. Die Modifikation ist eine umlaufende, aber unterschiedlich ausgeprägte Retusche: Sie ist links-lateral bifazial und verläuft deutlich flächig, rechts-lateral und distal dagegen vor allem dorsal, partiell und mehrheitlich kaum in die Fläche greifend. Die so modifizierten Kanten sind scharf. Ausnahme ist der Proximalteil, der bifazial verstumpft ist. Durch feine Aussplitterungen verstumpfte Kanten fehlen. Im modifizierten Bereich fallen lackartig glänzende Negativabschnitte sowie teilweise schwach verrundete Kanten und Grate auf. Ob Lack/Glanz und Verrundung durch Gebrauch, Umlagerung und/oder Verwitterung entstanden sind, lässt sich nicht beurteilen. Denkbar wäre, dass die Lagerung im torfigen Milieu mitverantwortlich für den Lack ist. In Süddeutschland treten typologisch ähnliche Silexgeräte in der gesamten Steinzeit, vom Mittelpaläolithikum bis zum Neolithikum auf⁶⁵¹. Eine frühmittelalterliche Datierung und eine Funktion beispielsweise als Feuerschlagstein ist unwahrscheinlich, da weder die Bearbeitung noch die Gebrauchsspuren damit in Einklang zu bringen sind⁶⁵². Wie das vorgeschichtliche Artefakt an den Fundort gelangt sein könnte, ist völlig unklar. Wenn das Objekt nicht als aus unbekannten Gründen mitgeführtes Altstück durch einen der Arbeiter verloren wurde, wäre beispielsweise denkbar, dass es während der Ausschachtung der holozänen fluvialen Sedimente von den Bauarbeitern freigelegt oder freigespült wurde.

Tierknochen spielen im Fundmaterial dieses Grabungsschnittes eine untergeordnete Rolle, insgesamt nur drei Einzelknochen fanden sich in Bef. S2-1, 3 und 8. Auf eine Bestimmung wurde daher verzichtet.

Zusammenfassende Bewertung des Kanals im Bereich von Schnitt 2

Für eine abschließende Bewertung des Kanals im Bereich von Schnitt 2 sind zunächst wiederum einige quellenkritische Aspekte zu berücksichtigen. Im Ge-

gensatz zu Schnitt 1 war es möglich, den Sohlbereich und die Böschungen der Baugrube vollständig freizulegen und alle relevanten Befunde nass zu sieben. Die Baugrubengeometrie ist präziser rekonstruierbar und das bauzeitliche Fundspektrum ist weitgehend vollständig erfasst. Zahlreiche kleine und kleinste Holzabfälle sind einzeln eingemessen und erlauben weitergehende Rückschlüsse auf Arbeitsprozesse innerhalb der Baugrube. Der gesamte Holzverbau konnte unter optimalen Bedingungen dokumentiert und vollständig geborgen werden.

Die wesentlichen Charakteristika des Kanals lassen sich damit sehr zuverlässig rekonstruieren. Der Bauabschnitt lag in der Karolingerzeit außerhalb des Rezatriedes. Die bauzeitliche Oberfläche auf einer Höhe von mindestens 415,68 m üNN wird durch einen leicht anmoorigen Boden gebildet, der sich auf fluvialen Sanden und Lehmen des Quartärs entwickelt hat. Die Baugrubenwände waren durch die Bindigkeit des anstehenden Materials wohl auch ohne Verbau relativ standfest.

Dieser Boden wurde für die Anlage der etwa 7,5 m breiten und gut 1,5 m tiefen Baugrube durchstoßen, deren tiefster Punkt bei 413,85 m üNN liegt. Von Böschungsfuß zu Böschungsfuß ist die eigentliche Fahrrinne etwa 5,6 m breit. Am Westrand der Baugrube wurde ein etwa 40 cm hoher und 1 m breiter erhöhter Absatz belassen, was in einem asymmetrischen Querschnitt resultiert. Zumindest ein Teil des Aushubes dürfte entlang der Baugrube abgelegt worden sein, anders als in Schnitt 1 fehlt aber der Nachweis eines ausgeprägten Aushubwalles und nur das Geländeprofil erlaubt indirekt diesen Schluss (**Taf. 63**).

Das Aushubvolumen beträgt im dokumentierten Abschnitt knapp 10 m³ pro ausgeschachtetem Kanalmeter⁶⁵³. Bezogen auf den Gesamtlängsschnitt des Karlsgrabens entspricht das mittlere Sohlniveau von 414,00 m üNN exakt dem maximalen Sohlniveau in Schnitt 1, das minimale Sohlniveau liegt mit 413,85 m üNN geringfügig tiefer. Das dokumentier-

⁶⁵¹ Vgl. Kieselbach 2012, Abb. 2, 6. 10–11. – Weißmüller 1995, Taf. 10, 7; 16, 3; 24, 1.

⁶⁵² Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Zweitverwendung steinzeitlicher Silexartefakte als Feuerschlagsteine z. B. in Haithabu gut belegt ist, vgl. Schietzel 2014, 222.

⁶⁵³ Berechnet in ArcGIS auf Basis der dokumentierten Grabenprofile. Vgl. **Taf. 77**.

te Segment gehört damit ebenfalls zur Scheitelhaltung, es deutet sich aber bereits ein leichtes Gefälle in Richtung Rezat an⁶⁵⁴.

Der Zeitpunkt der Erdarbeit lässt sich durch die dendrochronologische Datierung des Holzverbaus am Ostrand der Fahrrinne eingrenzen. Das gesamte Bauholz dieser Konstruktion wurde zu Beginn der Vegetationsperiode 793 eingeschlagen, am ehesten Anfang Mai. Da Lagerspuren in Form von Pilzbefall fehlen, die Oberflächen der Pfähle hervorragend erhalten sind und abgeschlagene Späne nicht aufschwammen, muss das Holz fälltfrisch und feucht innerhalb weniger Tage oder Wochen verbaut worden sein. Holzarbeiten und Erdarbeiten dürften daher im Frühjahr 793 weitgehend parallel oder mit geringem Zeitversatz erfolgt sein.

Neben diesem fälltfrischen Holz fanden sich im Westteil der Baugrube auf der bauzeitlichen Sohle auch Hölzer, die bereits im Winter 792/793 eingeschlagen und noch nicht fertig bearbeitet worden waren. Sie lagen zusammen mit einer Flechtwerkmatte und zahlreichen Abfällen der Holzbearbeitung auf einem mächtigen Paket umgelagerter Sande und Lehme, das als nicht entfernter Abraumhaufen angesprochen werden kann. Die Holzfunde auf diesem Abraumhaufen lassen sich am ehesten als Werkplatz interpretieren, an dem größere Spaltholzrohlinge weiterverarbeitet wurden. Am Westrand des Kanals unmittelbar neben diesem Werkplatz fehlt bemerkenswerterweise ein Holzverbau am Böschungsfuß. Eine böschungsparallele Grubenreihe kann entweder als Relikt einer wieder entfernten Konstruktion aus schmalen Staken oder als Vorbereitung für die Einbringung massiver Eichenpfähle gedeutet werden.

Verschiedene Indizien sprechen dafür, dass Abraumhaufen und Werkplatz bereits bestanden, als im Frühjahr 793 am Ostrand der etwa 5,6 m breiten Fahrrinne die Pfähle des Uferverbaus eingebracht wurden. Das Kernstück bildet eine uferparallele Reihe von sorgfältig behauenen und angespitzten Eichenpfählen, die wie in Schnitt 1 Stoß an Stoß in den Untergrund eingerammt wurden. Die Rammtiefe beträgt teilweise nur 0,5 m und die gesamte

Konstruktion ist wesentlich weniger massiv als in Schnitt 1. Ein deutlich höher reichender, wuchtiger Pfahl mit einer Ausarbeitung zur Aufnahme eines uferparallelen Holzes ergänzt die Konstruktion. Eine große Zahl von Spänen zeigt, dass zumindest die Pfahlköpfe an Ort und Stelle final abgelängt wurden.

Die Sohle der Fahrrinne am östlichen Böschungsfuß und damit auch die Erosionslinie der Pfähle liegt bei 414,10–414,25 mm üNN. Die aufgehende Höhe des Verbaus lässt sich mit 25–40 cm rekonstruieren. Wenn die Oberkante der Pfähle den geplanten maximalen Wasserspiegel markiert, ist die Wassertiefe vom tiefsten Punkt der Fahrrinne bis zur Oberkante des Holzverbaus mit 45–55 cm anzusetzen. An den Kanalrändern betrug der Pegel möglicherweise nur 20–40 cm.

Vermutlich noch während der Holz- und Erdarbeiten kam es auf beiden Böschungen zur Ablagerung geringmächtiger Kolluvien, in die diverse Bauholzabfälle eingelagert sind. Das Volumen der Materialverlagerungen ist allerdings gering und anders als in Schnitt 1 werden weder der Holzverbau noch die eigentliche Fahrrinne in relevantem Umfang beeinträchtigt.

Unmittelbar nach dem Ende der Bauarbeiten in diesem Kanalsegment muss sich der tiefer liegende Ostteil der Baugrube mit Wasser gefüllt haben, sodass es zur Ablagerung einer dünnen Lage von Faulschlamm kam. Der höher liegende Westteil war davon möglicherweise nicht oder nur in geringerem Umfang betroffen. Wie in Schnitt 1 folgt auf das Faulschlammpaket in der gesamten Rinne die Bildung von Torfschichten und tonig-schluffigen Mudden. Der Versuch einer feinchronologischen Gliederung dieses Schichtpaketes durch ¹⁴C-Datierungen (**Tab. 11**) war anders als bei Schnitt 1 nicht erfolgreich. Gleichwohl kann festgehalten werden, dass auch hier über einen längeren Zeitraum eine offene Wasserfläche bestanden haben muss. Die jüngsten Verfüllschichten des 19./20. Jahrhunderts sind als Hochflutlehme anzusprechen, in die diverse Kleinfunde unterschiedlicher Zeitstellung eingearbeitet sind.

654 Vgl. Zielhofer u. a. 2014, Abb. 15.

Schnitt 3 - 2016

Wie geschildert, lagen vor Grabungsbeginn Indizien vor, dass sich die Fahrrinne des Kanals zwischen Schnitt 2 und Schnitt 3 deutlich verschmälert und die Sohltiefe gleichzeitig abnimmt (**Taf. 65**). Der schmalere und flachere Nordteil im Bereich von Schnitt 3 ließ eine (Fahr-)Rinnenbreite von 2–3 m und eine Sohltiefe von etwa 1,5 m erwarten. Schnitt 3 ist 6 m lang und 2 m breit. Er setzt etwa 1,5 m östlich der östlichen Grabenböschung an, schneidet die Fahrrinne rechtwinklig und endet knapp 1 m westlich der ehemaligen Westböschung. Der Grundwasserpegel lag durch die Nähe zur Rezat mit etwa 414,10 m üNN sehr hoch.

Schnitt 3 liegt an der Öffnung eines Seitental-einschnittes östlich der Rezatniederung (**Taf. 61; 63; 79, 1–2**)⁶⁵⁵. Das Gelände steigt im Bereich des Grabungsschnittes um maximal 15 cm von Nordwest nach Südost zur Rezat hin an. Dieser Anstieg ist vermutlich auf eine leichte Uferwallbildung bzw. Levée-Situation östlich des Rezatlaufes zurückzuführen, auch ein künstlicher Materialauftrag durch Ausbaggerungen oder ein Einfluss durch Wiesenkalkebildungen ist allerdings nicht auszuschließen. Die rezente Geländeoberfläche bei 414,70–414,85 m üNN liegt etwa 1 m tiefer als im Bereich von Schnitt 2 und damit auf dem Niveau des Talgrundes.

Auch hier bilden die quartären Sande und Lehme im gesamten Grabungsschnitt den geologischen Untergrund (Bef. S3-109, 112, 121, 125, 137, 144–147, 149). Über diesem Schichtpaket lag am Ostrand des Grabungsschnittes zur Rezat hin eine fein gegliederte Abfolge von holozänen Auensedimenten mit Organikeinlagerungen, Wiesenkalke und geringmächtigen vorkarolingischen Niedermoortorfen (Bef. S3-103, 104, 110, 111, 113, 118, 149, 152; **Taf. 105, 1**). Am Westrand fehlten die Wiesenkalke, die vorkarolingischen Niedermoortorfe waren jedoch ebenfalls vertreten und markieren die bauzeitliche Geländeoberfläche (**Taf. 105, 2**). Diese stratigrafische Situation zeigt, dass Schnitt 3 am Rand des Rezatriedes liegt, wo die Niedermoortorfe nach Westen ausstreichen.

Stratigrafie, Befundgenese und Phasengliederung

Phase 0: fluviale Talfüllung des Quartärs

Die relativchronologisch älteste Phase (**Taf. 92, 2**) und den geologischen Untergrund vor dem Kanalbau bildet ein Schichtpaket quartärer Sande und Lehme⁶⁵⁶. Im Gegensatz zu Schnitt 2 enthielten diese Schichten allerdings deutlich mehr organische Bestandteile.

Zuunterst liegen im gesamten Grabungsschnitt die fluvialen beige-grauen Sande und Kiese von Bef. S3-147 (**Taf. 100; 102**). Wie Bef. S2-85 war diese Schicht zumindest teilweise steinhart verbacken (**Taf. 107, 1–2**).

Nicht eindeutig zu klären ist die stratigrafische Einordnung von Bef. S3-137, einer dünnen und sehr lockeren Sandschicht direkt auf Bef. S3-147 (**Taf. 102**). Es könnte sich um jüngerer verlagertes Material handeln, doch eine Zuordnung zum vorbauzeitlichen fluvialen Material erscheint wahrscheinlicher und der Befund wurde daher Phase 0 zugeordnet.

Darüber folgt westlich und östlich der Baugrube des Kanals eine Abfolge von unterschiedlich farbigen sandigen Lehmen (**Taf. 102; 104, 2**). Westlich der Baugrube liegen über den reduzierten und organikreichen grau-bläulichen sandigen Lehmen von Bef. S3-146 die oxidierten gelbbraunen Lehme Bef. S3-109, 118 und 121. Östlich der Baugrube liegt entsprechend zu Bef. S3-146 der hellgrau-bläuliche sandige Lehm Bef. S3-144 und 145. Auffällig ist der ausgesprochen hohe Organikanteil, neben großen Faserresten enthielt der Befund auch eindeutig erkennbare Blätter. Dies spricht in dieser Höhenlage gegen ein pleistozänes Alter der Schichten. Anders als die vermutlich pleistozänen Sande in Schnitt 2 dürfte es sich daher bei den fluvialen Sedimenten der Phase 0 in Schnitt 3 um holozäne Auensedimente handeln. Dies korrespondiert mit der stratigrafischen Lage des Grabungsschnittes. Über den reduzierten Lehmen liegen mit Bef. S3-112 und 125 teilweise stärker oxidierte sandige Lehme, die ebenfalls sehr organikreich sind. Darüber folgen mit

⁶⁵⁵ Vgl. dazu Rabiger-Völlmer u. a. 2020.

⁶⁵⁶ Vgl. Zielhofer/Kirchner 2014, 5. 8. – Zielhofer u. a. 2014, 7. – Schmidt-Kaler 1976, 76–77; 1993, 10.

Bef. S3-113 und 149 dünne Lagen organikreicher Lehme, die teilweise auch Holzkohleflitter enthalten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es sich bei den fluvialen Sedimenten der Phase 0 um holozäne Auensedimente der Rezataue handeln dürfte. Im Gegensatz zu den andernorts im Kanalverlauf erbohrten und ergrabenen anstehenden Sanden und Tonen sind sie ausgesprochen organikreich.

Phase 1: Bodenbildung auf holozänen Torfen und Wiesenkalke

Über den holozänen Auelehmen liegen östlich und westlich der Baugrube holozäne Torfe und Wiesenkalke bzw. -mergel (**Taf. 93–94; 102**). Vergleichbare Kalktuff- und Mergelbildungen finden sich im Umfeld auch an anderen Stellen, so etwa im Schambachried⁶⁵⁷.

Westlich der Baugrube bilden Bef. S3-104 und 152 die vorbauzeitliche Oberfläche (**Taf. 105, 2**). Der Torf Bef. S3-104 mit eingelagerten Kalknestern zeigt mit einem subpolyedrischen Gefüge Ansätze der Bildung eines anmoorigen Bodens. Der darunter liegende Torf Bef. S3-152 enthielt ebenfalls Wiesenkalknester, zeigt jedoch keine Spuren einer Bodenbildung.

Östlich der Baugrube ist die Stratigrafie der Phase 1 etwas kleinteiliger, dort überlagern sich mehrere dünne Torf- und Wiesenkalklagen (**Taf. 104, 1–2; 105, 1**). Die stratigrafisch ältere Wiesenkalklage Bef. S3-111 wird durch das dünne, tiefschwarze Torfpaket Bef. S3-110 bzw. 119 überlagert. Über diesen Torfen liegt mit Bef. S3-103 eine zweite Wiesenkalkbildung. Das gesamte Schichtpaket aus Torfen und Wiesenkalke ist durch Pflugspuren und Bioturbation, insbesondere Tiergänge, stark durchmischt und gestört (**Taf. 105, 1**). Die bauzeitliche Oberfläche oder ein klarer Laufhorizont waren dadurch nirgends erkennbar, ihre Mindesthöhe lässt sich jedoch mit 414,50–415,60 m üNN rekonstruieren.

Phase 2: Baugrubenaushub

Den stratigrafisch ältesten Befund des Kanalbaus stellt in Phase 2 (**Taf. 92, 2**) der Baugrubenaushub dar, der als Negativbefund bzw. Interface erhal-

ten blieb. Die Baugrube Bef. S3-100 (Grabensohle), S3-150 (Böschung am Ostrand der Baugrube) und S3-151 (Böschung am Westrand der Baugrube) kappen die fossilen Bodenreste, Torfe und Wiesenkalke der Phase 1 und sämtliche fluviale Schichtpakete aus Phase 0 auf einer maximalen Breite von etwa 5,5 m (**Taf. 102; 103, 2**).

Die Grubensohle wird im Wesentlichen durch Bef. S3-145, 146 und 147 gebildet und war teilweise wie in Schnitt 2 hart verbacken (**Taf. 100; 107, 1**). Die Sohle liegt im Mittel auf einer Tiefe von 413,60 m üNN. Sie weist jedoch wie in Schnitt 2 Niveausprünge mit Mulden und deutlichen Kanten auf. Die tiefsten Stellen liegen bei 413,47 m üNN, die höchsten Bereiche bei 413,70 m üNN. Die gesamte Baugrube ist deutlich muldenförmig und es gibt keine ebene, horizontale Grabensohle (**Taf. 102**). Die Böschungswinkel sind aufgrund der muldenförmigen Grabengeometrie ohne eindeutige Fußpunkte der Böschung nicht exakt bestimmbar, die etwas klarer greifbar östliche Böschung hat eine Neigung von 45–50°.

Im Böschungsbereich sind die darunter liegenden Schichten der Phasen 0 und 1 teilweise stark reliefsiert (**Taf. 108, 1**). Vermutlich handelt es sich dabei um Spuren der bauzeitlichen Begehung und damit um einen Lauf- bzw. Trampelhorizont. Dieser Horizont wurde während der Grabung nicht als separater Befund ausgewiesen, würde aber relativchronologisch ebenfalls in Phase 2 gehören. Aufgrund der ausgeprägten Versturzschichten im Böschungsbereich ist eine Trennung von kolluvial bedingten Oberflächen allerdings nicht ohne Weiteres möglich.

Phase 3: Einbringen von Staken entlang der Böschungen

Sehr zeitnah zum Aushub der Baugrube wurden in Phase 3 (**Taf. 92, 2**) an beiden Böschungen in einem Abstand von 30–45 cm zueinander dünne Staken aus Eichenspalthölzern eingeschlagen, um die Böschungen zu stabilisieren (**Taf. 100; 103, 1; 107, 1–2; 139, 2–6**). Die Breite der dadurch begrenzten Rinne beträgt von Böschungsfuß zu Böschungsfuß etwa 2,6 m (**Taf. 32, 2; 101**).

⁶⁵⁷ Lehovec 1980, 115. – Schmidt-Kaler 1976, 78.

Während sich die östliche Stakenreihe mit Bef. S3-126, 127, 140, 141 und 142 vermutlich vollständig erhalten hat, fehlen an der Westseite zwischen Bef. S3-128 und 143 bzw. 134 mehrere Staken. Die Kopfbereiche der Hölzer haben sich nirgends erhalten und viele der Staken sind nachbauzeitlich abgeknickt, gesplittert oder stark verkippt (**Taf. 107, 2**). Die erhaltenen Teile der radial gespaltenen Staken waren 35–104 cm lang und weisen teilweise Stärken von lediglich 2–3 cm auf⁶⁵⁸. Der höchste erhaltene Kopfbereich von Bef. S3-128 liegt bei 414,11 m üNN, dies dürfte angesichts des Böschungsverlaufes annähernd die Originalhöhe markieren (**Taf. 102**). Am tiefsten eingerammt war mit etwa 80 cm die Stake Bef. S3-142 (**Taf. 103, 1**). Alle übrigen Staken waren mit maximal 60 cm deutlich flacher gegründet. Insgesamt zeigen die Staken in Querschnitt, Form, Länge und Gründung eine große Varianz, die sich auch chronologisch erkennen lässt.

Die Staken Bef. S3-127 und 140 mit Waldkanten des Jahres 793 stellen die chronologisch maßgeblichen Bauteile in Phase 3 dar. Der Fällzeitpunkt der für die Staken eingeschlagenen Bäume liegt frühestens im April 793. Die übrigen Staken weisen ältere Fälldaten zwischen dem Frühsommer 792 und dem Winterhalbjahr 792/793 auf (**Tab. 15; Taf. 111, 1**). Die gesamte Konstruktion kann damit nicht vor April 793 in die Baugrube eingebracht worden sein. Die ausgeprägten Lagerspuren an mehreren der älteren Hölzer (**Taf. 115, 2. 5**) bestätigen diese Interpretation.

Die dendrodatierten Staken bilden damit gleichzeitig einen *terminus post quem* für alle relativchronologisch darüber liegenden Phasen, die nach April 793 einzuordnen sind.

Phase 4: Einbringen und Versturz von Flechtwerk zwischen den Staken

Bald nach dem Einschlagen der beiden Stakenreihen wurden in Phase 4 (**Taf. 92, 2**) zwischen die Staken Weidenruten eingeflochten, um eine faschinenartige Böschungssicherung zu schaffen. Von diesem Flechtwerk haben sich nur einzelne Hölzer wie Bef. S3-130 *in situ* erhalten, die im Bereich der Staken Bef. S3-128

und 127 im oberen Teil der Böschung lagen und noch in Originallage hinter die Staken zogen (**Taf. 99; 101; 106, 2**). Der größte Teil fand sich mit Bef. S3-138 und 139 als Versturz auf den Böschungen und der Kanalsohle verteilt.

Die Sortierung der verstürzten, ausschließlich gerade gewachsenen (Weiden-)Ruten mit Durchmesser von 1–2 cm (**Tab. 13**) und die zahlreichen Bearbeitungsspuren (**Tab. 12**) zeigen deutlich, dass es sich dabei nicht um Reste eines natürlich eingesedimentierten Holzkomplexes wie etwa in Planum 4 (**Taf. 96; 101**), sondern um gezielt selektierte Stücke aus der Uferbefestigung handelt.

Der Versturz der Flechtwerkkonstruktion und die Entstehung der Schäden an zahlreichen Staken muss relativchronologisch bald nach dem Bau erfolgt sein, da der Flechtwerkversturz im Mittelteil der Baugrube unmittelbar auf der Baugrubensohle Bef. S3-100 aufliegt (**Taf. 99; 106, 2**). Ein Teil der Flechtwerkrueten war allerdings auch in kolluviales Material auf den Böschungen eingelagert, das erst in der darauf folgenden Phase 5 entstand (**Tab. 12–13**).

Phase 5: Versturz der Böschungen und Ablagerung von Bauholzresten auf der Kanalsohle

In Phase 5 (**Taf. 92, 2**) hat sich auf der östlichen und westlichen Böschung der Baugrube ein chaotisch gelagertes und schwer trennbares Paket aus Versturzschichten und Weidenruten des Flechtwerkes abgelagert (**Taf. 102**). Am Westrand der Baugrube hat sich vor und hinter den Staken der fleckige beige-graue Lehm Bef. S3-122 abgelagert, in den zahlreiche Weidenruten eingebettet waren (**Taf. 99; 102; Tab. 12–13**). Ein ähnliches Erscheinungsbild zeigt auf der östlichen Böschung Bef. S3-124. Dieses Kolluvium überdeckt mehrere Staken und enthielt ebenfalls zahlreiche Weidenruten des Flechtwerkversturzes (**Taf. 99; 102; 108, 1; Tab. 12–13**). Zu dem Versturzpaket gehören relativchronologisch außerdem die Befunde S3-120, 129 und 133.

Die Profile 5 und 6 (**Taf. 102**) zeigen deutlich, dass der Versturzprozess in Phase 5 nicht beendet war. Vor allem in den oberen Bereichen überlagern die

⁶⁵⁸ Median Länge 64 cm, Breite 9,5 cm, Stärke 5 cm (N = 7).

Kolluvien jüngere Befunde aus Phase 6 und 7 und es sind Torfschollen in die Kolluvien eingelagert.

Ebenfalls in Phase 5 ist relativchronologisch die Ablage der horizontal liegenden Eichenspalthölzer Bef. S3-135 und 148 auf der Kanalsohle einzuordnen, da diese Hölzer teilweise auf dem Flechtwerkversturzt aus Phase 4 auflagen (**Taf. 99; 101–102; 139, 7; Tab. 12**). Bei dem Spaltholz Bef. S3-135 könnte es sich angesichts der Form und Machart um eine verstürzte oder nicht verbaute Stake handeln, das Holz wurde im Winter 792/793 eingeschlagen und zeigt Lagerspuren (**Tab. 15**).

Für Phase 5 ist von einer Bildungszeit unmittelbar nach 793 auszugehen.

Phase 6: Faulschlamm-Bildung

Nach den initialen Versturztprozessen im Böschungsbereich änderten sich in Phase 6 (**Taf. 92, 2**) die Sedimentationsbedingungen in der Baugrube. Analog zu Schnitt 1 und 2 markiert die Ablagerung des schluffigen Faulschlammpaketes Bef. S3-132 die Füllung der Baugrube mit Wasser und deren Verlandung. Der bis zu 17 cm dicke Faulschlamm lag teilweise direkt auf der Baugrubensohle Bef. S3-100 auf, überlagert jedoch auch Versturzt-schichten wie Bef. S3-122 und Hölzer wie Bef. S3-135 und 148 aus Phase 4 und 5⁶⁵⁹. In den Befund eingelagert sind auch zahlreiche Weidenruten des verstürzten Flechtwerkes an den Böschungen, die möglicherweise in der Stillwasserfläche aufschwammen und in den Faulschlamm eingebettet wurden (**Tab. 12–13**).

Vor der östlichen Böschung fanden sich eingelagert in Bef. S3-132 bzw. an seiner Basis und damit auf dem bauzeitlichen Laufhorizont mehrere Reste von Seilen und anderen organischen Geweben (**Taf. 108, 2; 144, 9**).

Eine Präzisierung der Datierung der Faulschlamm-Bildung durch ¹⁴C-Analysen (**Tab. 14**) war nicht erfolgreich, es ist jedoch von einer Bildungszeit unmittelbar nach 793 auszugehen.

Phase 7: Bildung von Torfen und weiterer Versturzt der Böschungen

In Phase 7 (**Taf. 92, 2**) vollzieht sich eine zunehmende Verlandung der ehemaligen Rinne, die durch die Entstehung der Torfschichten Bef. S3-117, 119, 123, 131 und 136 angezeigt wird (**Taf. 96–99; 102; 106, 1**). Im Böschungsbereich verzahnen sich diese Torfe teilweise relativ chaotisch mit den lehmigen Versturzt-schichten, die sich offenbar in Phase 7 noch in Bewegung befanden. In die Bruchwaldtorfe waren zahlreiche größere Holzreste der natürlichen Vegetation eingelagert, die sich durch ihre Verzweigungen, ihre Dicken und ihre Einlagerung deutlich von den relativchronologisch älteren, verstürzten Hölzern des Flechtwerkes unterscheiden (**Taf. 101; Tab. 13**).

Da in die Befunde (insbesondere in Bef. S3-123) zahlreiche bearbeitete Bauholzreste und insbesondere Teile des verstürzten Flechtwerkes eingelagert waren, ist von einer großen zeitlichen Nähe zur Bauzeit auszugehen. Phase 7 dürfte damit als Ganzes maximal einige Jahre bis Jahrzehnte nach 793 entstanden sein. Dies deckt sich mit dem *terminus ante quem* im Jahr 820 aus der ¹⁴C-Datierung kurzlebiger botanischer Reste, die in einer Höhe von 414,01–413,98 m üNN aus der Pollenprofilschiene in Profil 5 entnommen wurden⁶⁶⁰.

Phase 8: Ablagerung von Mudden

In Phase 8 (**Taf. 92, 2**) kommt es zu einem Wechsel der Sedimentationsbedingungen in der Baugrube. Die Torfpakete der Phase 7 gehen nun in schluffige Schwemmschichten und organische Mudden über. Die relativchronologisch älteste Schicht dieser Phase repräsentieren die Befunde S3-115 und 116 (**Taf. 102**). Im ältesten Teil und im Übergangsbereich zu den Torfen der Phase 7 zeigen diese Befunde einen muddeartigen Charakter. Das darüber liegende Schichtpaket aus Bef. S3-105, 106, 107, 108 und 114 ist ein graubrauner schluffiger Ton, der sehr viele Molusken enthält. Den Abschluss von Phase 8 bildet Bef. S3-102, ein sandigerer hellbrauner bis rötlich-

⁶⁵⁹ Im Grabungsverlauf und bei der Dokumentation von Profil 5 und 6 (**Taf. 102**) gab es Abgrenzungsprobleme zwischen den Kolluvien Bef. S3-117/124/136 bzw. S3-119/122 und dem Faulschlamm S3-132. Zumin-

dest an einigen Stellen ist jedoch deutlich, dass Bef. S3-132 ältere Kolluvien überlagert.

⁶⁶⁰ **Tab. 14**, MAMS 52420.

beiger Schluff mit starken Oxidationsmerkmalen, in den etwas Ziegelbruch eingelagert war (**Taf. 144, 8**).

Den einzigen vagen absolutchronologischen Anhaltspunkt für Phase 8 im Fundmaterial bildet der Ziegelbruch in Bef. S3-102. Da Dachziegel und Backsteine sich in der Region erst im beginnenden Spätmittelalter durchsetzen, dürfte die Schicht spätmittelalterlich-neuzeitlich zu datieren sein, falls es sich nicht um ein verlagertes römisches Altstück handelt⁶⁶¹. Die frühmittelalterlich ¹⁴C-Datierungen kurzlebiger botanischer Reste aus Bef. S3-108 (**Tab. 14**) zeigt allerdings, dass mit der Einlagerung von älterem Material zu rechnen ist.

Phase 9: Bodenbildung und Pflugtätigkeit

Aus dem schluffigen Ausgangssubstrat von Bef. S3-102 hat sich in Phase 9 (**Taf. 92, 2**) der dunkelbraune rezente Oberboden Bef. S3-101 entwickelt (**Taf. 102; 104, 1; 105, 1–2**). Die Schicht ist durch den Pflug extrem durchmischt. Kalkschollen der Wiesenkalkschicht Bef. S3-103 wurden durch den Pflug teilweise herausgerissen und in Befund 101 eingelagert (**Taf. 105, 1**). Das Kleinfundspektrum zeigt einen deutlichen Materialeintrag des 20. Jahrhunderts an (**Taf. 144, 5–7**), der allerdings wie in Schnitt 1 und 2 postsedimentär erfolgt sein kann.

Dendrochronologie und Dendrotechnologie der karolingerzeitlichen Bauhölzer

Die in Schnitt 3 geborgenen Hölzer gehören größtenteils zur Uferbefestigung aus Staken und Flechtwerk und dem Versturz dieser Konstruktion (**Tab. 12; 15**). Insgesamt acht Staken (Bef. S3-126, 127, 128, 134, 140, 141, 142 und 143) wurden substanzschonend von Hand geborgen und dendroarchäologisch untersucht (**Taf. 139, 2–6; Tab. 15**). Hinzu kommen horizontal eingelagerte Spalthölzer wie Bef. S3-135, bei denen es sich um verlagerte Staken handeln dürfte (**Taf. 100; 107, 1**). Von den gut zwei Dutzend bauzeitlichen Eichenspänen waren nur zwei Fragmente aus Bef. S3-122 datierbar (**Tab. 12; 15**).

Neben den genannten Bauteilen und Holzabfällen stammen aus Schnitt 3 größere Mengen bearbeitete und unbearbeitete Flechtruten (**Taf. 106, 2**). Eine Stichprobe von über 400 Zweigproben ergab, dass es sich zu 90 % um dünne Zweige von Weide (*Salix* sp.; *Salix cineria*) und Hasel (*Corylus avellana*) handelt (**Tab. 12–13**).

Das Ausgangsmaterial der teilweise stark verwitterten und fragmentierten Staken bilden 40–90 Jahre alte Eichenstämme (*Quercus* sp.) mit Stammdurchmessern von 10–22 cm⁶⁶². Diese Stämme wurden radial in 6–8 Segmente aufgespalten, um die teilweise nur wenige Zentimeter breiten Staken herzustellen (**Taf. 107, 2**). In Querschnitt, Form und Länge zeigt sich eine große Varianz. Nur in Einzelfällen sind die Spitzen sauber zugebeilt, ansonsten wurden die schräg abgelängten Enden der Spalthölzer ohne weitere Modifikationen in den Baugrund getrieben (**Taf. 139, 2–6**). In Morphologie und Technologie zeigen sich damit erhebliche Unterschiede zu den Bauhölzern der Uferbefestigung in Schnitt 1 und 2.

Alle acht geborgenen Staken, das liegende Holz Bef. S3-135 und zwei Späne konnten dendrochronologisch datiert werden (**Tab. 15; Taf. 111, 1; 113, 1**)⁶⁶³. Die bis zu 84-jährigen Eichenserien weisen bis auf einen Span durchweg Waldkanten auf und das Fälldatum ist präzise bestimmbar, die Mittelkurve ist eindeutig auf das Jahr 793 datiert (**Taf. 112, 1**).

Die Staken Bef. S3-127 und 140 weisen Waldkanten des Jahres 793 auf und markieren den jüngsten Holzeinschlag in Schnitt 3. Bei beiden Bäumen hatte gerade die Frühholzbildung des Jahres 793 eingesetzt, die Fällung erfolgte demnach – wie bei den Pfählen der östlichen Uferbefestigung in Schnitt 2 – wohl im oder kurz nach April/Mai 793. Für die Staken Bef. S3-126, 134, 135, 141, 142 und 143 ist das Fälldatum 792 bzw. das Winterhalbjahr 792/793 nachgewiesen (**Taf. 115, 5–6**). Die verwendeten Bäume wurden demnach vor Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr 793 eingeschlagen. Innerhalb der Phase der Vegetationsruhe zwischen Winter 792 und Frühjahr 793 lässt sich der Fällzeitpunkt allerdings

⁶⁶¹ Vgl. Koch 2001, XXVII. – Leja 2001, 293. – Häffner 2001, CXII.

⁶⁶² Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf Herzig 15.8.2018, ergänzt durch mündl. Auskünfte von F. Herzig.

⁶⁶³ Hinzu kommen Spaltholzfragmente, die aller Wahrscheinlichkeit nach zu einzelnen Staken gehören, vgl. Fz. 742 (zu Bef. S3-126) und 654 (zu Bef. S3-127). Sie werden daher nicht separat diskutiert.

nicht näher eingrenzen. Den ältesten Holzfund repräsentiert die Stake Bef. S3-128 mit einer Waldkante des Frühsommers 792 (**Taf. 115, 2**).

Die Splintholzzonen von mehreren Staken mit dem Fälldatum 792 bzw. Winter 792/793 wiesen im Bereich der äußersten Splintholzringe Verfärbungen bzw. Zersetzungsspuren auf (**Taf. 115, 2–3. 5; Tab. 15**). Unter starker Vergrößerung ist besonders bei Bef. S3-128 mit dem frühesten Fälldatum erkennbar, dass es im Bereich der äußersten Splintjahresringe bereits zum Holzabbau durch holzzersetzende Organismen gekommen ist. Pilzhyphen haben sich in den Gefäßen ausgebreitet, und Chlamydosporen besiedeln die Zellwände (**Taf. 115, 4**)⁶⁶⁴. Diese Ausbreitungsmuster deuten darauf hin, dass das Eichenholz eine Zeit lang ungeschützt im Freien gelagert wurde. Die Geschwindigkeit der Abbauprozesse hängt von der Art der holzzersetzenden Pilze und in besonderem Maße auch von der Witterung und der Lagerung ab⁶⁶⁵. Unter feuchtwarmen Bedingungen können sich manche Pilze innerhalb weniger Wochen im wenig geschützten und nährstoffreichen Splintholz der äußersten Jahresringe ausbreiten⁶⁶⁶. In den kalten Wintermonaten erfolgt der Pilzbefall dagegen deutlich langsamer⁶⁶⁷. Zusammenfassend ist daher davon auszugehen, dass die Hölzer der Schlagphase Winter 792/793 mindestens mehrere Wochen, vermutlich aber eher mehrere Monate gelagert wurden, bevor im Frühjahr 793 der Einbau in der Baugrube erfolgt ist. Das bereits im Frühsommer 792 geschlagene Holz für die Stake Bef. S3-128 zeigt die am stärksten ausgebildeten Lagerspuren. Bis zur Verwendung im Frühjahr 793 muss der Stamm etwa ein dreiviertel Jahr gelagert worden sein, darunter fallen die warmen Sommer- und Herbstmonate des Jahres 792 mit günstigen Bedingungen für das Wachstum der holzzersetzenden Pilze.

Die *Chaîne opératoire* der Herstellung der Bauhölzer im Bereich von Schnitt 3 weist erhebliche Unterschiede zu Schnitt 1 und 2 auf. Der genutzte

Waldbestand weicht in seinen Wuchsbedingungen wie etwa dem durchschnittlichen jährlichen Holzzuwachs von den Beständen der beiden anderen Kanalsegmente ab (**Taf. 111, 1; 112, 1**). Innerhalb des genutzten Bestandes wurden deutlich schmalere Stämme mit teilweise nur 10 cm Durchmesser für die Fällung ausgewählt. Stammgleichheiten ließen sich nicht nachweisen, anhand der Ähnlichkeiten im Jahrringmuster wurden jedoch zumindest drei Dendrogruppen (DG 106–108) definiert, die sehr ähnliche Wachstumsbedingungen und hohe Gleichläufigkeiten aufweisen (**Taf. 111, 1**).

Nach dem Holzeinschlag erfolgte zumindest teilweise eine längere Lagerung, bevor die Stämme radial in schmale Segmente gespalten wurden. Eine aufwendige Nachbearbeitung der Spaltflächen und Spitzen unterblieb und viele Staken sind im Spitzenbereich nur grob mit einem oder mehreren Beilhieben schräg abgelängt (**Taf. 139, 3. 6**). Die derart hergestellten Staken wurden in parallelen Reihen im Abstand von etwa 30 cm (=1 Fuß) eingeschlagen. Da die Kopfbereiche nicht erhalten sind, lässt sich der Prozess des Einschlagens nicht näher beschreiben. Nach Einbringung der Staken erfolgte das Einflechten von frischen, biegsamen Weiden- und Haselruten, die aller Wahrscheinlichkeit nach zeitnah zur Verwendung im Frühjahr 793 eingeschlagen wurden.

Sonstige Funde

Das Kleinfundspektrum in Schnitt 3 ist äußerst spärlich. Der gesamte Grabungsbereich erbrachte lediglich 46 Einzelobjekte, wovon ein Drittel auf Tierknochen und ein Viertel auf Brandlehm- und Ziegelbruch entfällt.

Die lediglich fünf **Keramikscherben** stammen alle aus dem Pflughorizont Bef. S3-101. Neben vier spätmittelalterlich-neuzeitlichen Fragmenten glasierter Drehscheibenware (**Taf. 144, 6–7**) liegt ein

⁶⁶⁴ Zum Pilzbefall von Eichenholz allgemein Ridout 2000, 27–30. 125–128. – Schweingruber 1988, 32–34. – St. Cartwright/Findlay 1958, 8–11. 166–223.

⁶⁶⁵ Zum erheblich stärkeren Abbau von Eichenholz bei Lagerung mit Erdkontakt Augusta 2007. – Brischke/Rolf-Kiel 2010. – St. Cartwright/Findlay 1958, 250–251.

⁶⁶⁶ Experteneinschätzung F. Herzig, vgl. Herzig 15.8.2018. – Vgl. auch Ridout 2000, 23–24. 27–30. – St. Cartwright/Findlay 1958, 166: »dark coloured hyphae and [...] discoloration [...] under warm conditions [...] in a matter of weeks«; 225: »after only a few months the sapwood becomes affected by decay and eventually covered with growth of fungus«.

⁶⁶⁷ St. Cartwright/Findlay 1958, 225.

Standring eines modernen Porzellangefäßes vor (**Taf. 144, 5**).

Der stratigrafisch älteste **Ziegelbruch** fand sich mit einem Einzelfragment in Bef. S3-123, alle weiteren Stücke gehören zu den jüngsten Befunden S3-101, 102, 106 und 108 (**Taf. 144, 8**)⁶⁶⁸. Die einzige **Glasscherbe**, die zu einem modernen farblosen Hohlglas gehört, lag im Pflughorizont Bef. S3-101. **Tierknochen** sind auch in diesem Grabungsschnitt schwach vertreten. Die insgesamt 14 Einzelknochen fanden sich fast ausschließlich in den stratigrafisch relativ jungen Befunden S3-101, 102, 108, 114, 115 und 123. Auf eine Bestimmung wurde daher verzichtet.

Die herausragenden Kleinfunde sind organischer Natur. In Bef. S3-132 bzw. aus dem Übergangsbereich zum anstehenden Sand Bef. S3-137 auf dem Laufhorizont – und damit stratigrafisch bauzeitlich oder unmittelbar nach-bauzeitlich – fanden sich zahlreiche **Fragmente von Seilen bzw. Schnüren und technischem Textil** (**Taf. 108, 2; 144, 9**). Einzelstücke wurden bereits während der Grabung erkannt und ausgelesen, ein Großteil dieser Funde stammt jedoch aus drei kleineren Blockbergungen, die im Labor freipräpariert wurden⁶⁶⁹. Von insgesamt zwölf Proben wurden durch F. Herzig Dünnschnitte angelegt und mikroskopiert, um den Bast taxonomisch zu bestimmen. Für alle bestimmmbaren Proben konnte anhand von charakteristischen Merkmalen von Siebröhrenzellen, Parenchym- und Sklerenchymzellen sowie Phloemstrahlen Lindenbast (*Tilia* sp.) identifiziert werden⁶⁷⁰.

Zwei der Blockbergungen (Fzl. 170 und Fzl. 691) erbrachten bis zu 25 cm lange und etwa 1 cm starke, sehr gut erhaltene Stücke von locker gewirnten

Schnüren bzw. Seilen (Z-Schlag) aus zwei Strängen verdrehtem Lindenbast (**Taf. 144, 9e–g**). In der Blockbergung Fzl. 618 fand sich ein größeres Fragment eines stärkeren Seiles mit einem Durchmesser von 1,5–1,8 cm aus drei dickeren Strängen verdrehtem Bast (**Taf. 144, 9h**). Zu etwas stärkeren Seilen aus zwei oder drei Strängen gehören vermutlich auch mehrere fragmentierte Lindenbaststränge ähnlicher Durchmesser (**Taf. 144, 9a–d**). Schnüre und Seile aus Pflanzenfasern sind multifunktional und wurden in der Vorgeschichte und im Mittelalter aus diversen Rohmaterialien hergestellt⁶⁷¹. Sie könnten auf der Kanalbaustelle zum Messen, Fixieren und Transportieren von Baumaterial, aber auch zum Ziehen von Lasten gedient haben. Auch Henkel von Tragegefäßen finden sich in vergleichbarer Machart⁶⁷².

Neben den Seilresten fand sich in der Blockbergung Fzl. 618 eine komplexere, etwa 10 cm × 6 cm große Seilkonstruktion, das ebenfalls aus verdrehtem Lindenbast hergestellt ist (**Taf. 144, 9i**). Entlang der Längsachse scheint ein etwa 2 cm starkes Seil aus mehreren verdrehten Baststrängen zu verlaufen, das an einem Ende abgetrennt ist und ausfasert. Am gegenüberliegenden Ende scheint es dagegen um 180° umzubiegen und in eine knoten- oder spleißartige Verdickung überzugehen. Etwa mittig verläuft entlang der Querachse ein vermutlich aus zwei Strängen bestehendes Seil rechtwinklig über und vermutlich auch unter dem Seil entlang der Längsachse. Da dem Verfasser keine Autopsie der Originalstücke möglich war, fällt die genaue Ansprache der Seilkonstruktion bzw. des technischen Textils schwer. Es könnte sich um ein zwei- oder dreidimensionales größerflächiges Textil handeln, beispielsweise einen netzartigen Maschenstoff⁶⁷³.

⁶⁶⁸ Ein entweder verlagertes oder falsch zugeordnetes Stück (Fz. 1013) ist außerdem Befund 103 zugewiesen, der stratigrafisch vor den Bau des Kanals einzuordnen ist.

⁶⁶⁹ Die Freilegung und Konservierung der feuchten Blockbergungen erfolgten unter Federführung der Restaurierungswerkstätten des BLfD (T. Stöckl) im Konservierungslabor I. Potthast/R. Riens, Konstanz, vgl. Potthast/Riens 2017. Die Seilreste wurden nach der Freilegung in einer PEG-Lösung getränkt, gefriergetrocknet sowie partiell geklebt und gefestigt. Die holzanatomische Untersuchung der Seil- bzw. Schnurreste aus Rindenbast erfolgte im Dendrochronologischen Labor des BLfD durch F. Herzig, vgl. Herzig 16.5.2019.

⁶⁷⁰ Vgl. Herzig 16.5.2019. Die Bestimmung war sehr aufwendig, da die Proben bereits getrocknet waren, was die Präparierung und Bestimmung erheblich erschwerte.

⁶⁷¹ Vgl. Schladow 1978. – Körber-Grohne 1977, 67–83; 1989. – Banck-Burgess/Rösch 2020. – Reichert 2020.

⁶⁷² Vgl. beispielsweise aus römischer Zeit geflochtene Korbhenkel in Tasgetium, Amt für Archäologie Thurgau 2012, 84.

⁶⁷³ Vgl. etwa Reichert 2020. – Eine gründliche typologisch-funktionale Analyse war leider bis zum Zeitpunkt der Drucklegung nicht möglich. Für ihre Experteneinschätzung auf Basis der Fotos gilt Johanna Banck-Burgess herzlicher Dank.

Zusammenfassende Bewertung des Kanals im Bereich von Schnitt 3

Für eine abschließende Bewertung des Kanals sind auch im Bereich von Schnitt 3 einige quellenkritische Aspekte zu berücksichtigen. Wie in Schnitt 2 war es möglich, den Sohlbereich und die Böschungen der Baugrube vollständig freizulegen und alle relevanten Befunde nass zu sieben. Die Baugrubengeometrie ist präzise rekonstruierbar und das bauzeitliche Fundspektrum ist weitgehend vollständig erfasst. Der gesamte Holzverbau konnte unter optimalen Bedingungen dokumentiert und vollständig geborgen werden.

Die wesentlichen Charakteristika des Kanals lassen sich damit sehr zuverlässig rekonstruieren. Der Bauabschnitt lag in der Karolingerzeit am westlichen Rand des Rezatriedes. Die bauzeitliche Oberfläche auf einer Höhe von mindestens 414,50–414,60 m üNN wird durch einen anmoorigen Boden, Torfe und Wiesenkalke gebildet, die sich auf fluvialen Sanden und Lehmen des Holozäns entwickelt haben.

Dieser Boden wurde für die Anlage der etwa 5,5 m breiten und 1–1,2 m tiefen Baugrube durchstoßen, deren tiefster Punkt bei 413,47 m üNN liegt. Die zentrale Rinne zwischen den Holzverbauten ist etwa 2,6 m breit. Damit bestätigt sich die bereits 2004 von H. Trögel geäußerte Vermutung, dass nördlich des Kanalscheitels ein schmaleres Kanalsegment die Verbindung zur Rezat bildet⁶⁷⁴. Wo der Aushub abgelagert wurde, ist unklar, ein Aushubwall war nicht nachweisbar.

Das Aushubvolumen beträgt im dokumentierten Abschnitt knapp 3 m³ pro ausgeschachtetem Kanalmeter⁶⁷⁵. Bezogen auf den Gesamtlängsschnitt des Karlsgrabens liegt das mittlere Sohlniveau von 413,60 m üNN deutlich unter dem Sohlniveau von Schnitt 1 und 2 und damit unter der Scheitelhaltung⁶⁷⁶. Verglichen mit dem im Schnitt 40 cm höheren Sohlniveau von Schnitt 2 deutet sich ein leichtes Gefälle in Richtung Rezat an. Ob diese Rinne als Fahrrinne anzusprechen ist oder eher als zur Rezat

hin abfallende Drainage der Baugrube, lässt sich aus dem Befund heraus nicht eindeutig beantworten.

Der Zeitpunkt der Erdarbeiten lässt sich durch die dendrochronologische Datierung der Staken der Uferbefestigung an beiden Rändern der Rinne eingrenzen. Die beiden jüngsten Hölzer wurden zu Beginn der Vegetationsperiode 793 eingeschlagen und fällfrisch verbaut, sie zeigen keine Lagerspuren. Diese Schlagphase im oder kurz nach April/Anfang Mai markiert den *terminus post quem* für den Einbau der Uferbefestigung, die Erdarbeiten dürften in diesem Zeitraum abgeschlossen gewesen sein. Alle übrigen Staken weisen ältere Fälldaten zwischen dem Frühsommer 792 und dem Winterhalbjahr 792/793 auf. Da mehrere dieser Hölzer deutliche Lagerspuren in Form von Pilzbefall aufweisen, muss der Holzeinschlag für diesen Bauabschnitt deutlich vor Beginn der Vegetationsperiode 793 begonnen haben. Ob es sich bei dem singulären bereits im Sommer 792 eingeschlagenen Holz um einen Beleg für einen derart frühen Baubeginn oder aber um ein Altholz handelt, ist unklar – da weitere Belege für einen derart frühen Holzeinschlag fehlen, scheint die Altholzvariante jedoch plausibler.

Die Uferbefestigung besteht nicht wie in Schnitt 1 und 2 aus massiven Eichenpfählen, sondern aus einer Flechtwerkkonstruktion, die durch schmale eingerammte Staken aus gespaltenen Eichenstämmen fixiert wird. Diese Flechtwerkkonstruktion wurde stark verdrückt und fragmentiert angetroffen.

Die Sohltiefe der Rinne an beiden Böschungsfüßen liegt bei etwa 413,70–413,80 m üNN. Die aufgehende Höhe der Flechtwerkkonstruktion lässt sich mit 30–40 cm rekonstruieren. Wenn die Oberkante der Staken grob den geplanten maximalen Wasserspiegel markiert, ist die Wassertiefe vom tiefsten Punkt der Rinne bis zur Oberkante des Holzverbaus mit 60–70 cm anzusetzen. An den Kanalrändern betrug sie vermutlich nur 30–40 cm.

Sehr bald nach der Errichtung muss der Holzverbau verstürzt sein, denn ein großer Teil der verlagerten Ruten und weitere Bauholzreste fanden sich

⁶⁷⁴ So Trögl 2004, 15.

⁶⁷⁵ Berechnet in ArcGIS auf Basis der dokumentierten Grabenprofile. Vgl. Taf. 32, 2; 102.

⁶⁷⁶ Vgl. Zielhofer u. a. 2014, Abb. 15.

unmittelbar auf der Sohle der Baugrube. In diesem Zusammenhang haben sich auf beiden Böschungen relativ mächtige Kolluvien abgelagert, in die in großer Zahl Bauhölzer eingelagert wurden. Das Volumen der Materialverlagerungen ist größer als in Schnitt 2 und sowohl der Rinnenquerschnitt als auch der Holzverbau wurden durch die Massenbewegungen erheblich beeinträchtigt. Eine Besonderheit stellen bauzeitliche Seil- und Geflechtreste aus Lindenbast dar, die auf dem Laufhorizont bzw. der Grabensohle auflagen und in direktem Zusammenhang mit den Bauarbeiten stehen dürften.

Nach dem Ende der Bauarbeiten und dem Kollaps der Uferbefestigung hat sich die Baugrube mit Wasser gefüllt und es kam zur Ablagerung von Faulschlamm. Wie in Schnitt 2 folgt auf das Faulschlammpaket die Bildung von Torfschichten. Da in diese Torfe zahlreiche Bauholzreste und der Versturz der Flechtwerkkonstruktion eingelagert sind, ist von einer großen zeitlichen Nähe zur Bauzeit auszugehen. Nach der Torfbildung kam es analog zu Schnitt 1 und 2 zur Ablagerung schluffiger Mudden. Eine feinchronologische Gliederung dieses Schichtpaketes durch ¹⁴C-Datierungen (**Tab. 14**) war nicht erfolgreich.

Beginn, Ablauf und Ende der Bauarbeiten: chronologische Synthese

Ein Kernthema der Erforschung des Karlsgrabens und eine Voraussetzung für die Beantwortung vieler Fragenkomplexe zum Bauwerk ist die Feinchronologie der Bauarbeiten⁶⁷⁷. Die (geo-)archäologischen Funde und Schriftquellen liefern unterschiedliche Detailinformationen zu Beginn, Verlauf und Ende des Vorhabens. Im folgenden Kapitel sollen die verschiedenen Überlieferungsstränge zusammengeführt und kontrastiert werden⁶⁷⁸. Es muss dabei betont werden, dass die Übereinstimmung und wechselseitige Bestätigung von Schrift- und Sachquellen eine absolute Besonderheit darstellt und selten in vergleichbarer chronologischer Auflösung gelingt⁶⁷⁹.

Beginn der Bauarbeiten

Schriftquellen

Die ausführlich vorgestellten, mehr oder weniger zeitgenössischen Annalen liefern unterschiedliche Informationen zur Frage, wann der Befehl zum Bau des Kanals gegeben wurde und wann die Arbeiten vor Ort begonnen haben.

Die *Annales Regni Francorum* spezifizieren nicht, was vor dem Besuch der Baustelle durch Karl den Großen im Herbst 793 geschah⁶⁸⁰. Die *Annales Guelpherbytani* berichten zum Jahr 793, dass der König vor seinem Aufbruch von Regensburg zur Baustelle seine *scara* bzw. (Spezial-)Truppen »dorthin schickte wo es nötig war« – ob dies in Zusammenhang mit dem Kanalbau steht, ist allerdings nicht zu beantworten⁶⁸¹. Eine chronologische Spezifizierung für den Beginn der Bauarbeiten liefern die *Annales*

⁶⁷⁷ Vgl. exemplarisch Hack 2014a, 60. – Hofmann 1965, 439–453. – Röder 1975, 283. – Molkenhuth 2006, 67. – Spindler 1998, 53. 55. – Trögl 2004, 15.

⁶⁷⁸ Dazu aus methodischen Gesichtspunkten grundsätzlich Andrén 1998, 145–175. – Eine wichtige Basis des folgenden Kapitels bildet Werther u. a. 2020.

⁶⁷⁹ Vgl. dazu etwa Nelson 2015. – Andrén 1998, 160.

⁶⁸⁰ *Annales regni Francorum*, ed. Kurze, 92. 94 und ed. Rau, 60–62.

⁶⁸¹ *Annales Guelpherbytani*, ed. Lendi, 169. – Nelson 2015, 223. – Garipzanov 2010, 119.

	Mai/Juni 792	792 unspezifiziert	Winter 792/793	April/Mai 793	793 unspezifiziert	Aug./Sept. bis Winter 793
Schnitt 1				1	1	6
Schnitt 2		3	1	15	6	
Schnitt 3	1	6	2	2		

Tab. 1 Quantitative Verteilung der Waldkantendatierungen aus Schnitt 1–3 mit jahreszeitlicher Sortierung. Vgl. **Taf. 71, 1**. | Distribution of waney edge dates from trenches 1–3 according to season. Cf. **pl. 71, 1**.

Guelferbytani nicht, lediglich die Abreise des Königs wird an den Beginn des Winters datiert. Der Schreiber der sogenannten Einhardsannalen wiederum führt aus, dass der König vor seiner Ankunft an der Baustelle im Herbst 793 von vermeintlichen Experten überzeugt worden war, das Projekt in Angriff zu nehmen⁶⁸². Wann diese Überzeugungsarbeit erfolgte, wird allerdings nicht spezifiziert. Den *Annales Mosellani* ist zu entnehmen, dass der König bereits begonnen hatte, den Kanal zu bauen, bevor er sich im Herbst 793 von Regensburg aus zur Baustelle begab: »*aquaeductum [...] facere caeperat*«⁶⁸³. Auch die *Annales Laureshamenses* berichten, dass der König den Befehl zum Kanalbau bereits gegeben hatte, als er im Sommer 793 zur Baustelle reiste: »*fossatum iussisset facere*«⁶⁸⁴. Wann bzw. wie lange vor Sommer 793 dieser Befehl erfolgte, beleuchten die *Annales Alamannici*. Sie berichten zum vorangehenden Jahr 792, dass der König befahl, den Kanal zu errichten: »*fossatum iussit facere*«⁶⁸⁵.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Texte klare Hinweise enthalten, dass die Entscheidung zum Bau und der Baubeginn bereits vor der Ankunft des Königs im Sommer bzw. Herbst 793 erfolgten. Es stellt sich allerdings die Frage, wie die Datierung des Baubefehls in das Jahr 792 in den *Annales Alamannici* zu bewerten ist. Dazu liefern die dendrochronologischen Datierungen der Bauhölzer entscheidende Hinweise.

Dendrochronologie und Befunde

An insgesamt 44 Bauhölzern und Bauholzfragmenten aus Schnitt 1–3 war eine Waldkantendatierung möglich (**Tab. 1; 15; Taf. 113, 1**), sämtliche Hölzer datieren in die Jahre 792 und 793⁶⁸⁶. 28 dieser Waldkanten konnten innerhalb des jeweiligen Fälljahres sicher oder mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit jahreszeitlich eingegrenzt werden.

In der Zusammenschau der Datierungen (**Tab. 1; Taf. 113, 1**) zeigt sich eindeutig, dass der Holzeinschlag bereits im Jahr 792 einsetzt. Das 792 gefällte Holz zeigt in mehreren Fällen oberflächlichen Pilzbefall, der auf eine ungeschützte Lagerung von mindestens einigen Wochen oder Monaten hindeutet (**Taf. 115, 2–5**)⁶⁸⁷. Die früheste Fällung im Mai/Juni 792, repräsentiert durch die Stake S3-128, korrespondiert mit besonders starken Lagerspuren. Da nur eine derart frühe Datierung vorliegt, ist nicht auszuschließen, dass es sich um ein Altholz handelt, das noch vor den ersten Arbeiten an der *Fossa Carolina* eingeschlagen wurde. Spätestens im Winter 792/793 bzw. möglicherweise schon etwas früher, da viele Waldkanten des Jahres 792 nicht jahreszeitlich bestimmt sind, steigt die Quantität der Fällungen allerdings stark an und es sind auch große Bauhölzer nachweisbar. Ab dieser Zeit bzw. allerspätestens gegen Ende der Vegetationsruhe im März 793 muss daher von einem gezielten Holzeinschlag für den

⁶⁸² *Annales qui dicuntur Einhardi*, ed. Kurze, 95.

⁶⁸³ *Annales Mosellani*, ed. Lappenberg, 498.

⁶⁸⁴ *Annales Laureshamenses*, ed. Pertz, 35.

⁶⁸⁵ *Annales Alamannici*, ed. Lendl, 166.

⁶⁸⁶ Nicht berücksichtigt sind Fragmente, die eindeutig während der Grabung von anderen Hölzern abgebrochen sind und daher reine Dubletten darstellen.

⁶⁸⁷ Vgl. Ridout 2000, 23–24. 27–30. 125–128. – Schweingruber 1988, 32–34. – St. Cartwright/Findlay 1958, 8–11. 166–223. 250–251. – Augusta 2007. – Brischke/Rolf-Kiel 2010.

Kanalbau ausgegangen werden. Im April/Anfang Mai 793 ist dann eine deutliche Intensivierung des Holzeinschlages erkennbar. Da an diesen Fällungen Lagerspuren in Form von Pilzbefall völlig fehlen und die Schlagphase April/Anfang Mai 793 außerdem die jüngste Datierung in Schnitt 2 und 3 repräsentiert, dürften spätestens zu dieser Zeit die Erdarbeiten begonnen haben, sodass das eingeschlagene Holz innerhalb weniger Tage oder Wochen fällfrisch verbaut werden konnte. Diese Interpretation wird auch dadurch gestützt, dass die zahlreichen Eichenholzspäne nicht aufschwammen, was nach Ausweis eines Experimentes von F. Herzig bereits nach relativ kurzer Trockenzeit der Fall gewesen wäre⁶⁸⁸.

Es muss allerdings betont werden, dass der absolute chronologische Zusammenhang zwischen Holzeinschlag, Erdaushub und Verbau der Hölzer in der Baugrube im Wesentlichen auf der geschilderten Indizienkette beruht. Der Erdaushub selbst ist nur indirekt datierbar und vollständig von der Frage der Lagerzeit der Hölzer abhängig. Methodisch ist an diesem Punkt das Limit der Interpretation und Datierbarkeit erreicht. Dennoch ist das chronologische Gesamtbild bis hinunter auf das saisonale Level relativ eindeutig und in sich schlüssig.

Synthese

Wenn im Winter 792/793 bereits in erheblichem Umfang Bauholz eingeschlagen wurde und die Erdarbeiten spätestens im April/Mai 793 begonnen haben, muss die Entscheidungsfindung für den Bau, die grundlegende Planung und Vermessung erheblich früher begonnen haben⁶⁸⁹. Es ist daher absolut plausibel bzw. eigentlich alternativlos, dass Karl der Große den Befehl zum Bau tatsächlich bereits im Jahr 792 gegeben hat, wie es die *Annales Alamannici* berichten. Die in den sogenannten Einhardsannalen geschilderte Überzeugungsarbeit vermeintlicher Experten muss aus logischen Gründen vor dem Baubefehl erfolgt sein und ist dementsprechend ebenfalls in das Jahr 792 einzuordnen. Wie es die *Annales Mosellani* berichten und die archäologischen Quellen

und Dendrodaten deutlich unterstreichen, waren die Arbeiten also bereits in vollem Gange, als Karl der Große im Herbst 793 zur Baustelle reiste.

Bauablauf und Baurichtung

Die zeitlichen Schwerpunkte der Fälldaten der Hölzer in den drei Grabungsschnitten weisen erhebliche Unterschiede auf (**Tab. 1; Taf. 113, 1**). Da die Grabungen gleichzeitig drei unterschiedliche Trassenabschnitte repräsentieren, könnten diese chronologischen Unterschiede im Sinne einer Baurichtung zu interpretieren sein⁶⁹⁰.

Der früheste Schwerpunkt der Fällarbeiten lässt sich in Schnitt 3 am nördlichsten Ende der Kanaltrasse beobachten (**Tab. 1**). Von insgesamt elf Waldkanten datieren neun in das Jahr 792 bzw. in den Winter 792/793. Auch das älteste geborgene Holz aller Schnitte, das bereits im Frühsommer 792 eingeschlagen wurde, stammt aus diesem Bereich. Lediglich zwei Waldkanten datieren an den Beginn der Vegetationsperiode 793. Die entsprechenden Bäume wurden im April oder Anfang Mai gefällt und fällfrisch zusammen mit den bereits länger gelagerten Hölzern verbaut. Der Aushub der Baugrube dürfte daher spätestens im April/Mai abgeschlossen gewesen sein, als die Böschungssicherungen an beiden Rändern eingebracht wurden (**Taf. 32, 2b; 107, 1**).

In Schnitt 2 knapp 150 m weiter südlich liegt der chronologische Schwerpunkt des verwendeten Bauholzes dagegen eindeutig im Frühjahr 793 (**Tab. 1; Taf. 8**). Von insgesamt 25 Waldkanten datieren 15 an den Beginn der Vegetationsperiode 793 im April bzw. Anfang Mai, lediglich vier Waldkanten verweisen auf eine Fällung bereits 792 bzw. im Winter 792/793. Besonders auffällig ist, dass sämtliche Hölzer der Pfahlreihe am Ostrand der Fahrrinne (**Taf. 84, 1**) einheitlich im April/Mai 793 eingeschlagen und ohne Lagerspuren fällfrisch verbaut wurden. Die älteren Schlagphasen gehören dagegen zu Spänen und zwei liegenden Spalthölzern (Bef. S2-56 und 203), die deutliche Lagerspuren aufweisen und als nicht ver-

⁶⁸⁸ Nach Herzig 15.8.2018.

⁶⁸⁹ In diesem Sinne bereits Haywood 2006, 145–146.

⁶⁹⁰ Vgl. dazu auch Schmidt u. a. 2020.

wendete Pfahlrohlinge anzusprechen sind. Da Fälldaten nach April/Mai 793 völlig fehlen, dürfte auch im Bereich von Schnitt 2 der Aushub der Baugrube spätestens im Mai/Juni 793 abgeschlossen gewesen sein, als die Böschungssicherung an der Ostseite fälltfrisch eingebracht wurde (**Taf. 73; 84, 1**). Warum eine entsprechende Pfahlreihe am westlichen Böschungsfuß fehlt, entzieht sich dem Nachweis. Die gesamte Befundsituation mit kleinen böschungsbegleitenden Pfostengruben, zahlreichen Bauholzabfällen, Pfahlrohlingen und dem nicht entfernten, verlagerten Aushub (**Taf. 75, 1–2; 81, 2**) weckt jedoch den Eindruck, dass hier ursprünglich geplante Arbeiten nicht zu Ende geführt wurden.

Diese Befundsituation dürfte jedoch lange vor dem finalen Abbruch des Bauvorhabens entstanden sein, denn in Schnitt 1 knapp 1000 m weiter südlich (**Taf. 8**) liegen klare Hinweise auf deutlich spätere Erd- und Holzarbeiten vor. Von insgesamt acht Waldkanten datieren dort sechs an das Ende der Vegetationsperiode 793 im August bzw. September, diese Hölzer weisen keinerlei Lagerspuren auf (**Tab. 1**). Lediglich eine Waldkante verweist auf eine mögliche Fällung bereits im (Früh-) Sommer 793 und tritt in Verbindung mit Lagerspuren in Erscheinung. Der Holzeinschlag für diesen Trassenabschnitt ist demnach fast ausnahmslos mindestens 3–4 Monate nach dem Holzeinschlag im Bereich von Schnitt 2 und 3 erfolgt⁶⁹¹.

Aus der geschilderten raum-zeitlichen Verteilung der Schwerpunkte der Fällarbeiten sowie den klaren Indizien für eine fälltfrische Einbringung der jeweils jüngsten Hölzer in die Baugrube in zeitlicher Nähe zum Erdaushub ergibt sich fast zwangsläufig der Verdacht eines Baufortschrittes von Nord nach Süd. Trifft dies zu, so wären die frühesten Erdarbeiten im Frühjahr 793 am nördlichsten Ende des Kanals erfolgt. Im Laufe des Sommers 793 wäre der Kanal nach Süden in den Bereich der Scheitelhaltung (**Taf. 30, 2**) vorangetrieben worden. Dieser Baufortschritt »in den Berg hinein« hätte die Möglichkeit

geboten, einen großen Teil der Baugrube von Beginn an und permanent zur Rezat hin zu entwässern, wie es F. Birzer bereits 1958 vorschlug⁶⁹². Aus der grundsätzlichen Notwendigkeit einer Entwässerung der Baugrube ergibt sich die Überlegung, dass gleichzeitig mit dem Nordende auch das Südende des Kanals begonnen worden sein könnte, um von beiden Seiten auf das Scheitelniveau zuzuarbeiten und die Baugrube in die jeweiligen Niederungen zu drainieren (**Taf. 31, 2**)⁶⁹³. In den Trassenbereichen A und B fehlen jedoch bislang dendrochronologische Datierungen, um dieses Modell zu verifizieren oder zu falsifizieren.

Trifft die Interpretation der zeitlichen Nähe zwischen dem Fälldatum der Bauhölzer und dem Erdaushub nicht zu, wären prinzipiell auch andere Szenarien des Bauablaufes denkbar. Eine Alternative wäre beispielsweise, dass im gesamten Trassenverlauf mehr oder weniger gleichzeitig mit dem Aushub begonnen wurde – beispielsweise in Form von abgesteckten Baulosen, die für andere Bauten der Karolingerzeit gut überliefert sind – und nur der Holzverbau zu unterschiedlichen Zeiten eingebracht wurde⁶⁹⁴. Die aktuelle Datenlage liefert jedoch keine plausiblen Argumente für einen derartigen Ablauf.

Ende der Bauarbeiten

Schriftquellen

Auch zur Frage der Datierung des Abbruchs der Bauarbeiten liefern die zeitgenössischen Annalen unterschiedliche Informationen.

Die *Annales Regni Francorum* berichten, dass Karl der Große die Baustelle nach seinem Aufenthalt im Herbst/Winter 793 wieder verließ und Weihnachten in Würzburg feierte⁶⁹⁵. Da er den Weg vom Karlsgraben nach Würzburg den Annalen zufolge zu Schiff zurücklegte, kann er die Strecke von knapp 370 Flusskilometern mit der Strömung in 1–2 Wochen

⁶⁹¹ In diesem Sinne auch Herzig 15.8.2018.

⁶⁹² Dazu bereits Werther u. a. 2015, 160–162. – Vgl. insbesondere Birzer 1958, 175.

⁶⁹³ Zur Notwendigkeit einer Drainage Faber 1903, 53. – Birzer 1958, 175. – Werther u. a. 2015, 160–161.

⁶⁹⁴ Zu Baulosen und geteilten Baupflichten bei größeren Infrastrukturprojekten der Karolingerzeit Szabó 1984, 132–133.

⁶⁹⁵ *Annales regni Francorum*, ed. Kurze, 92. 94 und ed. Rau, 60–62.

zurückgelegt haben⁶⁹⁶. Er könnte sich demnach bis Anfang Dezember am Karlsgraben aufgehalten haben⁶⁹⁷. Zum Stand der Bauarbeiten oder der Frage, ob die Abreise des Königs zeitlich mit dem Abbruch des Projektes gleichzusetzen ist, geben die *Annales Regni Francorum* jedoch keine Hinweise⁶⁹⁸.

Die *Annales Laureshamenses* schildern lediglich, dass sich der König nach dem Sommer 793 lange Zeit an der Baustelle aufhielt, bevor er zu Schiff abreiste und in Frankfurt überwinterte – wiederum fehlen Informationen zum Zustand der Baustelle bei seinem Aufbruch und auch der Zeitpunkt ist nicht spezifiziert⁶⁹⁹. Präziser sind in dieser Frage die *Annales Guelferbytani*, in denen ausgeführt wird, dass der König die Baustelle verließ, als der Winter des Jahres 793 begann: »hieme inchoante«⁷⁰⁰. Der Text führt weiterhin aus, dass die mitgeführten Boote teilweise über Land gezogen wurden, was als impliziter Hinweis darauf verstanden werden kann, dass der Kanal nicht befahrbar war⁷⁰¹.

Wesentlich expliziter sind in dieser Frage und auch in der Frage der Datierung des Endes der Bauarbeiten die *Annales Mosellani*⁷⁰². Der Autor weiß zu berichten, dass der König sich ab Herbst 793 »für fast den gesamten restlichen Teil des Jahres« an der Baustelle aufhielt. Als er »wenige Tage vor Weihnachten« nach Würzburg kam, ließ er das Bauvorhaben unvollendet, als »opus imperfectum« zurück⁷⁰³.

Details zum Abbruch der Bauarbeiten und den zugrunde liegenden Ursachen liefern die sogenannten Einhardsannalen⁷⁰⁴. Der Schreiber schildert,

dass »den ganzen Herbst hindurch« mit großem Aufwand am Kanalbau gearbeitet wurde, die Bemühungen aber vergeblich waren: »sed in cassum«. Dauerregen und das feuchte und wenig standfeste Erdreich führten in der Baugrube zu Versturzprozessen und Rutschungen, die nicht bewältigt werden konnten. Als zusätzlich auch noch andere schlechte Nachrichten eintrafen, verließ der König die Baustelle und erreichte noch vor Weihnachten Würzburg.

Im Folgejahr 794 findet das Bauprojekt in keiner einzigen Quelle mehr Erwähnung. In der Zusammenschau der Texte muss daher davon ausgegangen werden, dass die Arbeiten tatsächlich im Winter 793/794 eingestellt und nicht wieder aufgenommen wurden⁷⁰⁵. Dies legen auch die dendrochronologischen Untersuchungen nahe.

Dendrochronologie und Befunde

Von den insgesamt 44 frühmittelalterlichen Bauhölzern und Bauholzfragmenten mit Waldkantendatierung datiert kein einziges Fragment nach 793, die nächstjüngere Datierung fällt in das 17. Jahrhundert und steht in keinem Zusammenhang mehr mit den Bauarbeiten. Auch bei den Datierungen ohne Waldkante, die zumindest einen *terminus post quem* vorgeben, gibt es keinen einzigen Hinweis auf ein Fälldatum nach 793 (**Tab. 1; 15; Taf. 113, 1**).

Die jüngsten Schlussdatierungen der jahreszeitlich bestimmbareren Hölzer weisen in den Spätsommer oder Herbst 793. Insgesamt sechs Waldkanten

696 Die Messung der rezenten Lauflänge von Rezat, Regnitz und Main zwischen dem Karlsgraben und Würzburg erfolgte mit ArcGIS 10 auf Basis der CCM2 River and Catchment Database (<https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/fe1878e8-7541-4c66-8453-afdae7469221> [1.10.2025]), sie beträgt ca. 350 km. – Aufgrund der neuzeitlichen Begradigung der Flüsse ist die historische Lauflänge der Hauptgerinne für die relevanten Gewässer 4–6 % höher anzusetzen, vgl. Menn 2017 sowie Werther u. a. 2021b, 46. Daraus ergibt sich eine geschätzte frühmittelalterliche Lauflänge bzw. Fahrtstrecke von 367,5 km. – Nach Reinke 1987, 243–244 lag die Durchschnittsgeschwindigkeit bei Reisen des Königs zu Schiff im 11./12. Jh. bei 29 km/Tag. Flussabwärts sind auf größeren Flüssen – darunter auch dem Main – teilweise deutlich höhere Tagesstrecken von bis zu 80 km belegt. Für die Schiffsreise vom Karlsgraben nach Würzburg dürfte daher eine Fahrzeit von minimal einer und maximal zwei Wochen realistisch sein. – Arauner 2021, 68–73 kommt für geruderte und gesegelte römische Wasserfahrzeuge auf der Donau flussabwärts ebenfalls auf Maximalgeschwindigkeiten von 9,5 km/h, was in möglichen Tagesetappen von über 80 km resultiert.

697 Auch Nelson 2015, 229 plädiert für »December 793 as a moment to cut losses and to stop groping in wintry mud«.

698 Vgl. dazu auch Hack 2014a, 58.

699 *Annales Laureshamenses*, ed. Pertz, 35.

700 *Annales Guelferbytani*, ed. Lendi, 169. – Nelson 2015, 223.

701 Vgl. Lendi 1971, 128. – Hack 2014a, 59. – Garipzanov 2016, 68.

702 Vgl. *Annales Mosellani*, ed. Lappenberg, 498. – Übersetzung King 1987, 136. – Nelson 2015, 223.

703 *Annales Mosellani*, ed. Lappenberg, 498. – Übersetzung nach King 1987, 136. – Nelson 2015, 223; 2020.

704 *Annales qui dicuntur Einhardi*, ed. Kurze, 93. 95.

705 Es muss jedoch kritisch angemerkt werden, dass streng genommen nicht zwingend aus den Texten hervorgeht, dass der Bau schon 793 zeitgleich mit der Abreise Karls des Großen abgebrochen wurde. Zwar verließ der König ein unfertiges Werk – dass die Arbeiten gleichzeitig mit seiner Abreise eingestellt wurden, ist jedoch keiner Quelle eindeutig zu entnehmen, sondern ergibt sich nur implizit. Für diesen Hinweis gilt der Dank des Verf. A. Jerosch.

aus Schnitt 1 repräsentieren diese späteste Schlagphase (**Tab. 1; Taf. 114, 2–4**). Die Jahrringbildungen stehen jeweils kurz vor dem Ende der Depositionsphase und die für den Spätsommer und Herbst charakteristischen dickwandigen Spätholzzellen waren bereits ausgebildet. Da gleichzeitig aber Jahrringgrenzen aus sehr flachen und extrem engringigen Faserzellen fehlen, war zum Fällzeitpunkt nach Einschätzung von F. Herzig der Winter noch nicht erreicht⁷⁰⁶.

Wenn die Annalen die Abreise des Königs und den Abbruch der Bauarbeiten korrekt in die Zeit kurz vor Weihnachten datieren, könnte zwischen den jüngsten nachgewiesenen Fälldaten und dem Abbruch der Bauarbeiten noch eine zeitliche Lücke von einigen Wochen oder sogar Monaten klaffen. In diesem Zeitraum könnte in anderen Trassenabschnitten – bevorzugt in den Bauabschnitten A und B (**Taf. 8**) – noch gebaut worden sein, als die Arbeiten im Bereich von Schnitt 1 bereits abgeschlossen waren. Die jüngsten bislang erfassten Bauhölzer müssen demnach nicht zwingend die finale Schlussdatierung markieren. Völlig eindeutig ist allerdings, dass in allen archäologisch erfassten Bauabschnitten nach dem Spätsommer/Herbst 793 keinerlei Arbeiten mehr nachweisbar sind und auch kein jüngerer Holz mehr zum Einsatz kam⁷⁰⁷.

Hinzu kommt, dass auch zahlreiche weitere (geo-)archäologische Befunde das in den Schriftquellen überlieferte Bild eines unfertig abgebrochenen Bauvorhabens bestätigen. Im Süden fehlen jegliche Hinweise auf einen Anschluss des Kanals an die Altmühl⁷⁰⁸. Das in Schnitt 2 ergrabene Kanalsegment am Nordende des Bauwerkes wurde aller Wahrscheinlichkeit nach nicht endgültig fertiggestellt, da der westliche Uferverbau fehlt und

Erdaushub in der Fahrrinne zurückblieb. In allen drei Grabungsschnitten gibt es klare Hinweise, dass Holzabfälle nicht entfernt und auch nicht durch fließendes Wasser weggeschwemmt wurden. Im Bereich von Schnitt 1 kam es während oder unmittelbar nach den Bauarbeiten zur kolluvialen Überdeckung der hölzernen Uferbefestigungen und zur Verfüllung von Teilen der Fahrrinne (**Taf. 32, 1d**). Noch wesentlich ausgeprägter sind die Versturzschichten in den Bauabschnitten A und B (**Taf. 8**), wo die komplette Baugrube teilweise meterhoch verschüttet wurde⁷⁰⁹. In diesen Bereichen stellt sich außerdem die Frage, ob die geplante finale Sohlentiefe tatsächlich überall erreicht wurde, oder ob die erbohrten Sohlniveaus (**Taf. 30, 2**) teilweise auch einen Arbeitszustand zum Zeitpunkt des Abbruchs der Bauarbeiten repräsentieren könnten.

Synthese

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Schriftquellen und Dendrodaten nach momentanem Forschungsstand ein bis ins Detail übereinstimmendes Bild des Abbruchs der Bauarbeiten zeichnen. Im Winter 793 – vermutlich im November oder Dezember – wurde das Projekt eingestellt und der Kanal unfertig zurückgelassen. Weder in den Schriftquellen, noch in den archäologisch untersuchten Teilen des Kanals gibt es Hinweise auf jüngere Bemühungen, den Bau wieder aufzunehmen. Der in die Baugrube gerutschte Aushub wurde nicht mehr entfernt. Auch Belege für einen teilweisen Betrieb fehlen, da selbst in den weitgehend fertigen Trassenabschnitten die Holzabfälle an Ort und Stelle belassen wurden und die Baugrube sehr schnell zu verlanden begann⁷¹⁰.

706 Mündl. Auskunft F. Herzig 08/2018.

707 Eine weitere Absicherung der Schlussdatierung (und auch der inneren Chronologie südlich des Kanalscheitels) könnten nur dendrochronologische Datierungen aus den Bauabschnitten A und B erbringen. Archäologische Grabungen sind dort allerdings nur mit erheblichem Aufwand möglich und bergen große technische Herausforderungen.

708 Kirchner u. a. 2018.

709 Vgl. Zielhofer u. a. 2014, 9. 16. – Leitholdt 2016, 352. – Werther u. a. 2015, 158–159. – Völlmer u. a. 2018b. – Schmidt u. a. 2020.

710 Nicht zuzustimmen ist damit der Deutung der Textstelle der sog. Einhardssannalen durch Wozniak 2020, 453–454 als »nachträgliche Einfügung von witterungstechnischen Schwierigkeiten«, die »im Zusammenhang mit missglückten Wartungsarbeiten« des funktionstüchtigen Kanals gestanden hätten.

Fahrrinne und Holzverbau: vergleichende konstruktive und funktionale Betrachtung

Im folgenden Kapitel sollen zentrale (geo-)archäologische Befunde zur Konstruktion des Kanals zusammengefasst und kontextualisiert werden. Der Fokus liegt dabei auf der Fahrrinne, ihrer Nutzbarkeit für zeitgenössische Wasserfahrzeuge und ihrer Stabilisierung durch Holzeinbauten. Abschließend sollen außerdem einige Überlegungen zu Arbeitsaufwand und Bauvolumen des Gesamtbauwerkes vorgestellt werden.

Der Holzverbau der Fahrrinne in vergleichender Betrachtung

Der Holzverbau der Fahrrinne des Karlsgrabens stand nicht nur durch die Möglichkeit seiner dendrochronologischen Datierung, sondern auch durch seine außergewöhnlich gute Erhaltung im Fokus der archäologischen Forschung⁷¹¹.

Vergleichende konstruktive Analyse

Ein Desiderat war bislang eine breitere vergleichende Betrachtung unter Einbeziehung anderer frühmittelalterlicher Wasserbauten. Einleitend ist dazu festzuhalten, dass der Holzverbau in den drei Grabungsschnitten eine erhebliche Varianz aufweist. Während in Schnitt 3 eine einfache Flechtwerkwand aus Staken und Weidenruten eingebracht wurde (**Taf. 106, 2; 107, 1–2**), fanden in Schnitt 1 und 2 massive Pfahlreihen Verwendung (**Taf. 33, 1; 48; 59, 2; 84, 1–2**). Auch bei diesen Pfahlreihen zeigen sich aber große Unterschiede und es finden sich verschiedenste ergänzende Bauteile (**Taf. 58, 2; 59, 1; 119; 130, 1**). Nur zu vermuten ist, dass sich die bis-

lang nicht ergrabenen Holzkonstruktionen in den Trassenabschnitten A und B (**Taf. 8**) baulich noch einmal deutlich unterscheiden, da dort durch die erheblich größeren Aushubtiefen völlig andere Anforderungen herrschten⁷¹².

Das konstruktiv am wenigsten spezifische Element im Spektrum der Böschungssicherungen des Karlsgrabens sind die **uferbegleitenden Flechtwerkwände** in Schnitt 3 (**Taf. 101; 106, 2; 107, 1**). Vergleichbare Uferbefestigungen finden noch heute im Wasserbau Anwendung⁷¹³. Im Früh- und Hochmittelalter bilden sie ein weitverbreitetes und fast multifunktionales Mittel, um mit relativ geringem Aufwand Uferbereiche von Gewässern, Gräben und Geländekanten zu stabilisieren⁷¹⁴. Ein sehr gut vergleichbarer Befund mit Staken aus unterschiedlichsten Eichenspalthölzern stammt aus dem nahe gelegenen Großhöbing (Lkr. Roth/DE)⁷¹⁵.

Deutlich seltener sind **uferparallele spundwandartige Pfahlreihen** aus sauber beeilten Spaltbohlen (**Taf. 123; 127, 2**) bzw. Halbhölzern (**Taf. 133, 1–2**). Ungewöhnlich ist dabei weniger das Einrammen von Pfahlreihen am Böschungsfuß an sich, als vielmehr die Verwendung aufwendig nachgebeilter Spalthölzer. Vergleichbare Pfahlreihen aus 0,2–0,3 m breiten rechteckig beeilten Eichenpfählen (»Spaltbohlen«) sind in Haithabu (Lkr. Schleswig-Flensburg/DE) für das 9. Jahrhundert belegt⁷¹⁶. Ein Teil der dortigen Pfähle ist am unteren Ende angespitzt und wurde eingerammt, andere Hölzer haben eine gerade Unterkante und wurden in eine Baugrube eingebracht⁷¹⁷. Im bereits genannten Großhöbing kamen im 9. bis 12. Jahrhundert wie am Karlsgraben angespitzte Halbhölzer und sauber beeilte Spalthölzer als Böschungssicherung zum Einsatz⁷¹⁸. Trotz

⁷¹¹ Vgl. dazu bereits Werther/Herzig 2014a; 2014b. – Werther u. a. 2015, 169–176; 2020. – Werther 2016. – Baunack 2018. – Berg/Reich 2018.

⁷¹² Vgl. Werther u. a. 2015, Anm. 135. – Zum Nachweis von Bauholzresten in diesem Bereich Leitholdt 2016, 332. 334. 351. – Zielhofer u. a. 2014, 9–10. – Hausmann u. a. 2018, 29. 34. – Völlmer u. a. 2018b.

⁷¹³ Vgl. Evette u. a. 2009.

⁷¹⁴ Vgl. exemplarisch Liebert 2015, 51–62. – Rösch 2018, 81–91. – Schietzel 2014, 107–115. – Schuldt 1988, 60. 112–113. – Flüeler/Flüeler 1992, 272. – Rünger 2012, 202. – Milne 1992, 116. – Dijkstra 2016, 127.

⁷¹⁵ Liebert 2015, Beilage 3, Profil 03.

⁷¹⁶ Vgl. Jankuhn 1943, 53–88. – Schultze 2008, 366–375. 386–391. – Schietzel 2014, 96–99. 106–109. 140. – Kalmring 2010, 252–253. 551–552.

⁷¹⁷ Kalmring 2010, 253. 551–552. – Schietzel 2014, 140.

⁷¹⁸ Vgl. Liebert 2015, 150. 154–157 Taf. 7–16.

des »merklich erhöhten« Arbeitsaufwandes für die Herstellung im Vergleich mit einfachen Rundhölzern oder rund belassenen Halbhölzern haben auch dort Eichenspalthölzer einen sehr hohen Anteil am Pfahlspektrum⁷¹⁹. Die gespaltenen Pfähle dienten u. a. als Uferbefestigung des Mühlkanals⁷²⁰. Ebenfalls in Zusammenhang mit einem frühmittelalterlichen Mühlenbau sind auch in Dasing (Lkr. Aichach-Friedberg/DE) Reihen aus sauber bebeilten Spalthölzern belegt⁷²¹.

Als leicht geneigte Böschungssicherung eines frühmittelalterlichen Grabens sind technologisch vergleichbare Pfähle identischer Dimensionen außerdem in Groß Raden (Lkr. Ludwigslust-Parchim/DE) belegt⁷²². Dort und auch an anderen slawischen Fundplätzen fanden sich aufwendig bebeilte »Stabbohlen« in großer Zahl, die in Form und Herstellungsweise praktisch identisch mit den rundum bebeilten Pfählen aus am Karlsgraben sind (**Taf. 116–118; 120; 122–125; 129, 2; 131, 1–3; 132, 1; 135**)⁷²³. In Schleswig (Lkr. Schleswig-Flensburg/DE) begegnen im 11. Jahrhundert eingerammte lineare Pfahlreihen unter Verwendung von Spaltbohlen als Teil von Landgewinnungs- und Uferbefestigungsmaßnahmen im Hafenbereich⁷²⁴. Unter Einbeziehung zahlreicher Vergleichsfunde kommt Felix Rösch zu dem Ergebnis, dass im 11./12. Jahrhundert »die parallele Existenz verschiedener Spundwandausführungen [...] an den meisten Plätzen gängig« war⁷²⁵. Dies kann gleichermaßen auch für die vorangehenden Jahrhunderte und die Karolingerzeit konstatiert werden.

Ein besonderes Konstruktionselement bilden die nur in Schnitt 1 nachgewiesenen Pfähle Bef. S1-90, 99 und 108, die fahrrinnenseitig mit geringem Abstand vor die eigentliche Pfahlreihe gesetzt wurden (**Taf. 47; 59, 1**). Die besonders tiefe Gründung und der abweichende Querschnitt (**Taf. 78, 1**) verweisen auf eine spezifische statische Funktion. Im neuzeit-

lichen Kanalbau werden entsprechende Pfähle vor der eigentlichen Ufersicherung als »Kopfpfähle« bezeichnet und zum Schutz des Uferverbau vor »dem unmittelbaren Aufstoßen der Schiffe« und der daraus resultierenden Lockerung des dahinter liegenden Erdreiches sowie zum Schutz vor Eisgang eingebracht⁷²⁶. Im frühen Kanalbau finden sich entsprechende Konstruktionen beispielsweise im römischen Hafenkanal von Avenches (Kt. Waadt/CH) und im frühmittelalterlichen Kanhave-Kanal (Kom. Samsø/DK)⁷²⁷. Auch in Haithabu sind Pfahlreihen aus Spalthölzern mit einzelnen parallel vorgesetzten Stabilisierungspfählen als Uferbefestigung gut belegt⁷²⁸. Wie bei Bef. S1-90 weisen die innen vorgeblendeten Pfähle dort geringere Breiten und größere Stärken auf. Zu berücksichtigen ist dabei auch die Möglichkeit, dass zwischen Pfahlreihe und Kopfpfählen Horizontalhölzer eingebracht waren bzw. werden sollten.

Ein singuläres Konstruktionselement ist der in Schnitt 1 **rechtwinklig vor die Pfahlreihe gesetzte Pfahl** Bef. S1-85, der im Kopfbereich eine Schlitzung bzw. ein Zapfenloch aufweist (**Taf. 47; 60; 119**). Es ist davon auszugehen, dass in die Ausarbeitung ein böschungspareller Querriegel eingelegt war oder werden sollte. Ein sehr ähnlicher Befund aus Haithabu zeigt, dass dieses konstruktive Element im frühmittelalterlichen Wasserbau geläufig und überregional verbreitet war⁷²⁹. In Bourges (Dép. Cher/FR) wurden vergleichbare Konstruktionselemente mit sehr tief liegenden Querhölzern unmittelbar auf der Sohle des Hafenbeckens als Teil einer Kaianlage des 1./2. Jahrhunderts ergraben, es ist also auch mit einer älteren Bautradition zu rechnen⁷³⁰. Hinsichtlich der Funktion des Konstruktionselementes am Karlsgraben wäre denkbar, dass auf dem uferparallelen Riegel und einem gegenüberliegenden Riegel am Ostufer eine mobile Arbeitsplattform bzw. ein Steg auflag (**Taf. 33, 2**). Ein ähnlich konstruierter Steg

⁷¹⁹ Vgl. Liebert 2015, 155 Taf. 9–16.

⁷²⁰ Liebert 2015, 128–130. 323–324 Abb. 111.

⁷²¹ Vgl. Cyszcz 2016, 49–70. 286–291 Abb. 163–164 Taf. 13–14. 26. 28.

⁷²² Schuldt 1988, 111–112; 1985, 19–20.

⁷²³ Vgl. Schuldt 1988, 11–12. 18–20 Taf. 1–2. – Schuldt 1985, 19–20.

⁷²⁴ Rösch 2018, 106–128.

⁷²⁵ Rösch 2018, 127.

⁷²⁶ So Hagen 1844, 118. 127.

⁷²⁷ Vgl. Christensen 1995, 106. – Nørgård Jørgensen 2000. – Castella 2013, 54. – Bonnet 1982, 16–26.

⁷²⁸ Vgl. Jankuhn 1943, 60–65. – Schietzel 2014, 108. – Kalmring 2010, 244–253.

⁷²⁹ Schietzel 2014, 107–108.

⁷³⁰ Vgl. dazu Wawrzinek 2014, 234 Taf. 27, 1.

wurde in Haithabu an einem Bachlauf ergraben: Das nördliche Brückenlager besteht dort aus zwei im Abstand von ca. 1 m eingerammten Bohlen mit mittiger Schlitzung im Kopfbereich. In diese Schlitzung ist das Querholz eingezapft, auf dem zwei breite Laufbohlen aufliegen, die bis zum Auflager am anderen Ufer reichen⁷³¹. Auch an der karolingerzeitlichen Wassermühle von Dasing wurden Teile eines Holzsteges ergraben, dessen Lauffläche auf böschungsp parallelen Horizontalhölzern ruht⁷³².

Ein böschungsp paralleler Riegel dürfte auch in die Schlitzung bzw. das Zapfenloch am Kopfende von Bef. S2-11 eingelegt gewesen sein – jedoch auf einem Niveau weit über der eigentlichen Pfahlreihe (Taf. 73; 78, 2; 84, 1–2). **Einzelne massive Pfähle**, die in größerem Abstand **in Pfahlreihen** eingeschaltet werden und häufig auf einem höheren Niveau enden, sind ein geläufiges Konstruktionselement im früh- und hochmittelalterlichen Wasserbau⁷³³. Ein direkter Vergleich für die am Karlsgraben belegte Ausarbeitung im Kopfbereich konnte jedoch nicht gefunden werden. Da außerdem nicht bekannt ist, ob außerhalb des ergrabenen Ausschnittes weitere entsprechende Pfähle verbaut wurden, muss die Funktion des Bauteiles unbeantwortet bleiben. Prinzipiell möglich wäre sowohl eine besondere Nutzung/Funktion für den Bauablauf als auch für den späteren Kanalbetrieb, beispielsweise als Führung für Treidelleinen, als Festmachpflock oder Ähnliches.

Holzbedarf und Arbeitskräfte

Da in der Baugrube beträchtliche Mengen an Holz verbaut wurden, haben die Wald- und Zimmermannsarbeiten einen signifikanten Anteil am Bauaufwand des Kanals. Ausgehend von den Befunden der Grabung 2013 wurde ein erstes Modell der benötigten Holzmenge zur Diskussion gestellt, das mithilfe der Befunde der Grabung 2016 präzisiert und abgesichert werden kann⁷³⁴.

Im 2013 ergrabenen Kanalabschnitt waren pro Kanalmeter etwa 7,5 Eichenpfähle mit einer Durchschnittslänge von mindestens 1,68 m (Median) verbaut. Dies entspricht pro Kanalmeter 12,6 laufenden Pfahlmetern. Im 2016 in Schnitt 2 ergrabenen Kanalabschnitt waren – basierend auf einer Hochrechnung des östlichen Böschungsverbaus auf beide Kanalseiten – pro Kanalmeter etwa 11 Eichenpfähle mit einer Durchschnittslänge von 1,05 m (Median) verbaut. Dies entspricht pro Kanalmeter 11,5 laufenden Pfahlmetern. Gemittelt ergibt sich aus den beiden Schnitten 1 und 2 damit ein Wert von 12 Pfahlmetern pro Kanalmeter. Die Flechtwerkkonstruktion in Schnitt 3 ist bezüglich des Gesamtbauwerkes vernachlässigbar, da sie aller Wahrscheinlichkeit nach maximal für die nördlichsten 100 m repräsentativ ist.

Unter Abzug dieser 100 m verbleiben potenziell 2700 Kanalmeter für einen massiven Holzverbau der in Schnitt 1 und 2 nachgewiesenen Bauweise. In den technisch schwierigsten Bauabschnitten A und B ist wie bereits geschildert eher mit aufwendigeren Konstruktionen und einem höheren Holzvolumen zu rechnen, für dessen Präzisierung aber mangels Ausgrabungen jegliche Anhaltspunkte fehlen. Bei 12 Pfahlmetern pro Kanalmeter waren für den Verbau von 2700 m Fahrrinne $12 \times 2700 = 32400$ Pfahlmeter notwendig. Da es sich durchweg um Halbhölzer handelt, aus einem Stammmeter also 2 Pfahlmeter gewonnen wurden, entspricht dies einem Bedarf von 16200 laufenden Stammmetern. Bei einem niedrig angesetzten nutzbaren Schaftanteil von etwa 6 m pro Baum errechnet sich ein Gesamtbedarf von 2700 geeigneten Eichen mit einem Stammdurchmesser von 25–30 cm⁷³⁵.

Der gezielte Holzeinschlag lässt sich von Winter 792/793 (frühestens Oktober 792 und spätestens März 793) bis Spätsommer/Herbst 793 (frühestens September und spätestens Dezember 793) nachweisen und erstreckt sich damit über mindestens 7 und höchstens 15 Monate bzw. 210–450 Tage. Daraus er-

⁷³¹ Schietzel 2014, 113–114.

⁷³² Czysz 2016, 313–314.

⁷³³ Vgl. exemplarisch Schietzel 2014, 108. 166. – Rösch 2018, Abb. 35. – Liebert 2015, Abb. 21.

⁷³⁴ Werther 2016, 110–111. – Mit einem vergleichbaren Ansatz jüngst Dijkstra 2021, 141–148.

⁷³⁵ Zu Baumhöhe und Schaftanteil Schober 1975, 12–25. – Schuler 2011, 24–27. 77–89. 180–189. 222–241.

gibt sich eine Fällquote von 6–13 Eichen pro Tag, die außerdem entastet, gespalten und zu Pfählen weiterverarbeitet werden mussten. Pro Baum könnte das mit allen notwendigen Arbeitsschritten (**Taf. 110**, oberer Teil) von einem kleinen eingespielten Team mit den notwendigen Werkzeugen durchaus an einem Tag bewältigt worden sein⁷³⁶. Die Zahl der Arbeitskräfte für die Holzarbeiten ist demnach durch die lange Bauzeit möglicherweise nicht so hoch anzusetzen, wie die reine Zahl der Pfähle zuerst vermuten lässt. Wenige Dutzend erfahrene Arbeiter könnten ausgereicht haben, um sämtliche Holzarbeiten bauvorgreifend und baubegleitend durchzuführen.

Nutzbarkeit der Fahrrinne und Vergleich mit zeitgenössischen Wasserfahrzeugen

Die in den drei Grabungsschnitten archäologisch nachgewiesenen Fahrrinnendimensionen erlauben einige allgemeine Überlegungen zur Nutzbarkeit und Befahrbarkeit des Kanals. Die idealisierten Querschnitte wurden dazu mit den Kubaturen zeitgenössischer Wasserfahrzeugen der Karolingerzeit zusammengeführt (**Taf. 31, 1**).

Auffällig ist zunächst, dass sich die Dimensionen der Fahrrinne in Schnitt 1 und 2 weitgehend entsprechen. In Schnitt 1 lässt sich die nutzbare Fahrrinnenbreite grob mit 5,2–5,3 m rekonstruieren, eine etwas größere Breite ist aber aufgrund der Verkipfung der Pfähle nicht auszuschließen. Die Wassertiefe vom tiefsten Punkt der Fahrrinne bis zur Oberkante des Holzverbaus ist mit 80–90 cm anzusetzen. In Schnitt 2 ist die Fahrrinne von Böschungsfuß zu Böschungsfuß etwa 5,6 m breit. Abzüglich der Stärke der Pfähle ergibt sich eine lichte Weite von 5,3–5,4 m. Die Wassertiefe ist vom tiefsten Punkt der Fahrrinne bis zur Oberkante des Holzverbaus mit 45–55 cm anzusetzen. In Schnitt 3 beträgt die lichte Weite der Rinne zwischen den Flechtwerkwänden etwa 2,6 m, was ziemlich genau der halben Breite von Schnitt 1

und 2 entspricht. Die Wassertiefe vom tiefsten Punkt der Rinne bis zur Oberkante des Holzverbaus ist mit 60–70 cm zu rekonstruieren.

Die Rinne in Schnitt 3 dürfte in ihren Maßen weitgehend dem nördlich anschließenden natürlichen Bachbett der Rezat vor den modernen Begradigungs- und Entwässerungsmaßnahmen entsprechen. Im Jahr 1801 hatte das Gerinne bei Weißenburg hydrologischen Experten des französischen Militärs zufolge eine Breite von 8–12 Fuß (2,6–3,9 m) und eine Tiefe von 2–3 Fuß (65–97 cm)⁷³⁷. Die unteren Werte entsprechen fast exakt der Rinne in Schnitt 3. Zwar sind die Veränderungen des Bachlaufes vor 1801 nicht im Detail bekannt, doch lässt sich zumindest vermuten, dass diese Übereinstimmung kein Zufall ist und dies den frühmittelalterlichen Dimensionen der Rezat nahe kommt – und damit den Minimalmaßen eines gerade noch mit karolingerzeitlichen Fahrzeugen befahrbaren Wasserlaufes.

Auch die Wassertiefe der Altmühl bei Graben wird bei der hydrologischen Begehung im Jahr 1801 mit etwa zwei Fuß (ca. 65 cm) angegeben⁷³⁸. Die archäologisch nachgewiesene Wassertiefe der Fahrrinne des Karlsgrabens von minimal 45 cm und maximal 90 cm entspricht also exakt dem vormodernen Wertebereich der Wassertiefen der beiden Anschlussgewässer. Gestützt wird dies auch durch den archäologischen Befund eines etwa 0,7 m tiefen Flussbettes mit einer rekonstruierten Schiffslände des frühen 9. Jahrhunderts an der Schwarzach unweit des Karlsgrabens⁷³⁹. Zusammenfassend lässt sich damit festhalten, dass die Wassertiefe in der Fahrrinne des Karlsgrabens den durchschnittlichen Wassertiefen der Anschlussgewässer entsprochen hat.

Nun stellt sich die Frage, welche zeitgenössischen Wasserfahrzeuge den Kanal und die Anschlussgewässer befahren konnten. Die dafür verwendbare archäologische Quellenbasis wurde von L. Kröger bis 2018 systematisch zusammengestellt⁷⁴⁰. Außer Frage steht, dass der Kanal von Einbäumen praktisch jeder Größe befahren werden konnte (**Taf. 31, 1:**

⁷³⁶ Zu den Arbeitszeiten für das Fällen dünner Eichenstämme und weitere Holzarbeiten Kerig 2015.

⁷³⁷ Notes du général 1801, 625. – Zum ab 1799 gültigen französischen Fußmaß von 32,48 cm, dem pied de roi, vgl. [\(https://fr.wikipedia.org/wiki/Pied_\(unit%C3%A9\)\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pied_(unit%C3%A9)) (8.3.2019).

⁷³⁸ Notes du général 1801, 625.

⁷³⁹ Vgl. Liebert 2015, 76. – Vgl. auch Eckoldt 1980a, 72–73. 78 mit ähnlichen Werten für Altmühl und Rezat,

⁷⁴⁰ Vgl. Kröger 2014; 2018. – Vgl. zum näheren Umfeld außerdem Werther/Kröger 2017. – Vgl. außerdem Brouwers u. a. 2015.

1a–c)⁷⁴¹. Selbst eines der größten entsprechenden Fahrzeuge der Karolingerzeit, der Einbaum von Stettfeld am Obermain, hat eine Breite von lediglich 68 cm und der Tiefgang ist mit maximal 30–40 cm anzusetzen⁷⁴². Für karolingerzeitliche Flachbodenfahrzeuge bzw. Prahme liegt die übliche Breite in den meisten Fällen bei 1,5–2,8 m, die Bauhöhe beträgt 0,5–0,8 m⁷⁴³. Ihr Tiefgang lag demnach auch mit mehreren Tonnen Traglast bei unter 0,5 m⁷⁴⁴.

Praktisch alle archäologisch überlieferten Binnenfahrzeuge der Karolingerzeit hätten die Fahrrinne des Karlsgrabens befahren können (**Taf. 31, 1: 1–2**)⁷⁴⁵. Für sehr breite Fahrzeuge wie den »Kahn III« aus Krefeld-Gellep (Stadt Krefeld/DE) (**Taf. 31, 1: 3a**) wäre das Nadelöhr der nur 2,6 m breiten Rinne in Schnitt 3 jedoch nur noch theoretisch befahrbar gewesen – und auch für die nördlich anschließende Rezat ist eine Befahrung durch Fahrzeuge dieser Größe unter Alltagsbedingungen kaum denkbar. Bereits leichter Uferbewuchs, geringmächtige Ablagerungen in der Fahrrinne bzw. im Bachbett oder ein einzelner enger Mäander der Rezat hätten eine Durchfahrt unmöglich gemacht. Es ist daher davon auszugehen, dass der Kanal eher auf Fahrzeuge mit einer Breite von unter 2 m ausgelegt war, wie sie beispielsweise der »Karl« aus Bremen (Stadt Bremen/DE) repräsentiert (**Taf. 31, 1: 3b**).

Abschließend sollen einige Überlegungen zu den Maßen der Fahrrinne angestellt werden. Die weitgehend identische Breite in Schnitt 1 und 2 und die Halbierung der Breite in Schnitt 3 lassen den Schluss zu, dass die Ränder der Fahrrinne und die Position des Holzverbau während des Baus exakt und nach verbindlichen Vorgaben vermarktet wurden. Es stellt sich die Frage, ob diesen Maßen ein spezifisches Bezugssystem zugrunde lag. Erschwert werden diese Überlegungen allerdings dadurch, dass es zur Bauzeit keine normierten Längenmaße gab, auf die entsprechende Überlegungen bezogen werden könnten⁷⁴⁶. Dennoch ist für das zugrunde liegende Fußmaß zumindest ein üblicher Wertebereich von etwa 29–33 cm erschließbar⁷⁴⁷. Eine Studie zum geometrischen Entwurf der Pfalzkapelle in Aachen, deren Planung etwa gleichzeitig mit dem Bau des Karlsgrabens anzusetzen ist, kommt zu dem Ergebnis, dass dort ein Fußmaß von 32,24 cm verwendet wurde. Fast entscheidender ist allerdings, dass dem gesamten Bau ein 6-Fuß-Raster zugrunde liegt und der gesamte Entwurf auf Vielfachen dieses Grundmaßes beruht⁷⁴⁸. Falls der Fahrinnenbreite des Karlsgrabens von 5,3–5,4 m wie der Pfalzkapelle in Aachen ein 6-Fuß-Raster zugrunde liegt, dürfte die Zielbreite der Fahrrinne am ehesten 18 Fuß betragen haben.

Aushubvolumen und Arbeitsaufwand

Auf Basis der ergrabenen, erbohrten und durch geophysikalische Verfahren rekonstruierten Kanalquerschnitte und Sohlniveaus lässt sich ein 3D-Modell der Baugrube ableiten⁷⁴⁹. Mithilfe von sieben Referenzprofilen aus Grabungen und Direct-Push-Sondierungen sowie den aus unzähligen Bohrungen

bekannten Sohlniveaus wurde die Hohlform der Baugrube für die gesamte Kanallänge interpoliert und zu einem 3D-Modell zusammengeführt. Durch eine Verschneidung des 3D-Modells mit dem bautechnischen Paläo-Oberflächenmodell (**Taf. 28, 2**) war es möglich, die bewegten Erdvolumina abzuleiten.

⁷⁴¹ Vgl. dazu bereits Werther u. a. 2018a, 365.

⁷⁴² Vgl. Kröger 2014, 102, 104.

⁷⁴³ Zu nennen wären exemplarisch »Karl« aus Bremen (Kröger 2018, ID 1355), Haithabu (Kröger 2018, ID 1719), Kalkar-Niedermörmter (Kröger 2018, ID 1788), Krefeld-Gellep »Kahn III« (Kröger 2018, ID 1855), Deventer-Ijsselstraat III (Kröger 2018, ID 2788), Utrecht-Waterstraat 2 (Kröger 2018, ID 2863), Zeewolde (Kröger 2018, ID 2880) und Vleuten 1 (Kröger 2018, ID 2870). Vgl. allgemein Kröger 2014, 103–104; 2017. – Brouwers u. a. 2015. – Bockius 2014a.

⁷⁴⁴ Vgl. Kröger 2017. – Bockius 2014a.

⁷⁴⁵ Eine mögliche Ausnahme bildet lediglich der übergroße Prahm aus Cothen in den Niederlanden mit einer Bauhöhe von 1,25 m, vgl. Brouwers u. a. 2015, 16–17.

⁷⁴⁶ Vgl. Hack 2014a, 56–57.

⁷⁴⁷ Vgl. Eigler 2000, 40. – Diepolder/Dannheimer 1988, 193–207.

⁷⁴⁸ Heckner 2012, 43–44; 2014, 356. – Vgl. auch Müller u. a. 2013, 182. – Fried 2013, 417.

⁷⁴⁹ Vgl. Schmidt u. a. 2019; 2020.

Die nicht auf präzisen Befunden beruhenden Schätzungen der bisherigen Forschung konnten dadurch korrigiert und auf eine tragfähige Basis gestellt werden⁷⁵⁰.

Das Gesamtvolumen der bis zur Aufgabe des Projektes ausgeschachteten Baugrube beträgt demnach etwa 297000 m³. Dieses Volumen verteilt sich sehr ungleich auf den Kanalverlauf (**Taf. 30, 1**). Fast 86 % entfallen auf die Bauabschnitt A und B (**Taf. 8; 9, 1**) mit den größten Aushubtiefen und Baugrubenbreiten (**Taf. 30, 2**)⁷⁵¹. Die Grabungsschnitte 1–3 liegen dagegen in einem Bereich, der zwar mehr als 50 % der Kanallänge ausmacht, in dem aber lediglich 14 % des Gesamtvolumens bewegt werden mussten. Dies mag zusammen mit den geringen Baugrubentiefen dazu beigetragen haben, dass der Bau hier besonders weit fortgeschritten und teilweise sogar potenziell nutzbar war, obwohl das Gesamtprojekt nicht abgeschlossen wurde.

Die 3D-Modellierung ergab außerdem, dass weniger als 50 % des Aushubvolumens obertägig in den Wällen enthalten ist⁷⁵². Mehr als 100000 m³ Aushubmaterial ist demnach zum einen in die Baugrube zurückerodiert und zum anderen durch jüngere Baumaßnahmen und Bodeneingriffe entfernt worden⁷⁵³. Vor diesem Hintergrund bekommt auch der Eintrag im Dettenheimer Pfarrbuch eine zusätzliche Plausibilität, dass ab dem ausgehenden 18. Jahrhundert ein Viertel des Wallvolumens »rasiert« und abtransportiert wurde⁷⁵⁴.

Das bekannte Aushubvolumen und die durch die dendrochronologischen Datierungen erstmals relativ genau rekonstruierbare Bauzeit liefern die Grundlage für eine Modellbildung zur Zahl der benötigten Arbeitskräfte. Bei sämtlichen bisher publizierten Hochrechnungen beruhten beide Faktoren auf unzuverlässigen Schätzungen, was bereits 1977 von Röder kritisch beleuchtet wurde⁷⁵⁵. Doch auch

wenn diese beiden Eckdaten bekannt sind, bleiben so viele Unbekannte, dass eine zuverlässige Hochrechnung nicht sinnvoll erscheint. Besonders problematisch sind vier Punkte:

1. Es ist nicht bekannt, wie das Erdreich aus der Baugrube transportiert wurde. H. H. Hofmann ging beispielsweise von einem sechsmaligen Umsetzen über Bermen aus und multiplizierte das Gesamtvolumen dementsprechend⁷⁵⁶. Dies ist aber rein hypothetisch, da der Aushub auch mit Tragekörben, anderen Behältnissen oder sogar mit Lasttieren oder Karren aus der Baugrube bewegt worden sein könnte⁷⁵⁷. Dadurch ist völlig unklar, wie viele Arbeitskräfte für den Materialtransport benötigt wurden – und dieser Posten kann durchaus signifikant sein. J. Pickett kam beispielsweise für die Erdbewegungen beim Bau von mittelalterlichen Kurganen zu dem Ergebnis, dass ohne die Verwendung von Karren der Anteil der Transportzeit an der gesamten Bauzeit auf bis zu 33 % ansteigen kann – und diese Rechnung beruht auf trockenen Bedingungen ohne die Überwindung signifikanter Höhenunterschiede, sodass der Wert am Karlsgraben erheblich höher liegen könnte⁷⁵⁸.
2. Es ist nicht bekannt, welches Aushubvolumen unter den spezifischen Boden- und Feuchtigkeitsbedingungen und mit den verfügbaren Werkzeugen durchschnittlich pro Tag und Person bewegt werden konnte. Die Spannbreite der entsprechenden Werte in der Literatur ist erheblich und reicht für einen vollen Arbeitstag von etwa 10 Stunden von 3–13 m³ – ein Unterschied um mehr als den Faktor vier⁷⁵⁹. Professionelle »Navvies«, die Erdarbeiter des Kanal- und Eisenbahnbaus im England des 18. und 19. Jahrhunderts, verluden über Monate hinweg täglich etwa 10 m³ auf einen Karren. Das sollte immerhin

750 Zu bisherigen Volumenberechnungen vgl. exemplarisch Birzer 1958, 173. – Hofmann 1965, 446–447. 449. – Koch 1993a, 20.

751 Schmidt u. a. 2019; 2020.

752 Schmidt u. a. 2019; 2020.

753 Vgl. dazu auch Schmidt u. a. 2018.

754 Beck 1911, 47–48.

755 Röder 1977, 130.

756 Hofmann 1965, 446–447. 449; 1969, 44.

757 Ein anschauliches Modell des Abtransportes mit Karren über schräge Rampen an den Seiten der Baugrube liefern für römische Kanalbauten Coulon/Golvin 2018. – Ein entsprechendes Prozedere ist auch für den Kanal- und Eisenbahnbau des 18./19. Jhs. belegt, vgl. Coleman 2015, 58–64.

758 Pickett u. a. 2016, 110.

759 Vgl. exemplarisch Hofmann 1965, 446–447. 449 und Geschwinde 2017, 111 mit 0,3 m³/Stunde bzw. 3 m³ an einem zehnstündigen Arbeitstag. – Pickett u. a. 2016, 106 Tab. 3 mit 7,6–13,76 m³/Tag. – Weitere Werte in Kerig 2015 sowie Turner 2018.

einen realistischen Maximalwert darstellen, der nicht überschritten worden sein dürfte⁷⁶⁰.

3. Die sogenannten Einhardsannalen schildern, dass der Aushub des Tages nachts in die Baugrube zurückgerutscht ist und am nächsten Tag erneut bewegt werden musste⁷⁶¹. Dieser Versturz ist auch (geo-)archäologisch verifiziert. Es ist allerdings völlig unklar und wird vermutlich auch nicht zu beantworten sein, in welchem Umfang bzw. wie oft zurückrutschendes Erdmaterial bewegt wurde und wie stark sich dies auf das bewegte Gesamtvolumen auswirkt.
4. Da die innere Organisation der Baustelle nicht bekannt ist und keine verlässlichen Informationen vorliegen, wer die Arbeiter waren und wie sie versorgt wurden, ist schwer abzuschätzen, wie viele zusätzliche Arbeitskräfte für die Ernährung, Instandhaltung von Werkzeugen etc. beschäftigt waren⁷⁶². Für militärische Unternehmungen der Karolingerzeit ist beispielsweise aus dem *Capitulare de Villis* bekannt, dass voll proviantierte »Kriegswägen« mitgeführt wurden⁷⁶³. Ein Brief an Abt Fulrad von St. Quentin aus dem Jahr 806 schildert die Ausstattungsvorgaben Karls des Großen für ein von Fulrad gestelltes Heereskontingent: Neben Waffen, Verpflegung und Kleidung jedes Einzelnen sowie allem Notwendigen für den Bau von Lagern sollten in Karren Pioniergerätschaften wie Äxte, Hobel, Bohrer, Breitbeile bzw. Dechsel, Grabwerkzeuge, eiserne Spaten oder Schaufeln und auch Schleifsteine mitgeführt werden⁷⁶⁴. Auch im Tross des Königs, der Grafen, Äbte, Bischöfe und anderen Edlen sollten Kapitularien aus der Zeit Karls des Großen zufolge Karren mit Wein, Mehl und Fleisch sowie Holzwerkzeugen mitge-

führt werden – begleitet von Männern, die sich auf ihren Gebrauch verstanden⁷⁶⁵. Es ist daher durchaus möglich, dass die am Karlsgraben eingesetzten Arbeiter Lebensmittel und Werkzeuge in erheblichem Umfang mitführten, was den Versorgungsaufwand aus dem Umland deutlich reduziert hätte.

Aufgrund der großen Unschärfen ist daher festzuhalten, dass die Frage nach der Gesamtzahl der Arbeitskräfte kaum verlässlich zu beantworten ist; Von lediglich einigen Hundert bis hin zu einigen Tausend Arbeitenden erscheint, je nach Baustellenorganisation und verwendeten Parametern, alles möglich⁷⁶⁶. Perspektivisch könnte ein komplexeres energetisches Modell erarbeitet werden, das eine genauere Vorstellung von den möglichen Größenordnungen vermittelt. Bis dahin kann lediglich festgehalten werden, dass es sich selbst bei sehr hoch angesetzten Schaufelleistungen und einer Minimalzahl an zusätzlichen Arbeitskräften für die Gewinnung von Bauholz und andere baubegleitende Aufgaben definitiv um eine große Menge an Arbeitern gehandelt haben muss – eben jene »*magna hominum multitudo*«, die in den sogenannten Einhardsannalen erwähnt wird⁷⁶⁷.

Dazu merkte R. Koch bereits 1990 an: »Angesichts einer solchen »*magna hominum multitudo congregata*«, die für das gewaltige Vorhaben erforderlich war, würde man eine ansehnliche Menge an archäologischen Fundgegenständen aus dem letzten Jahrzehnt des 8. Jahrhunderts aus dem weiteren Umkreis des Karlsgrabens erwarten«⁷⁶⁸. Die Frage nach diesem Fundniederschlag und der Herkunft der Arbeitskräfte lenkt den Blick auf das lokale und regionale Umfeld der Baustelle.

⁷⁶⁰ Coleman 2015, 58. – Burton 2015, 124–125.

⁷⁶¹ *Annales qui dicuntur Einhardi*, ed. Kurze, 95 zum Jahr 793.

⁷⁶² Dazu bereits ausführlich, im Detail aber kaum belegbar Hofmann 1965, 444–453.

⁷⁶³ Campbell 2010, 251.

⁷⁶⁴ McKitterick 2008, 272.

⁷⁶⁵ McKitterick 2008, 272.

⁷⁶⁶ Der Verf. tendiert dazu, eine Zahl im unteren bis mittleren Bereich dieser Spanne anzunehmen, ohne dies aber momentan untermauern zu können.

⁷⁶⁷ *Annales qui dicuntur Einhardi*, ed. Kurze, 95.

⁷⁶⁸ Koch 1990, 669.