

AUF DEM HOLZWEG. BEVÖLKERUNGSDICHTE UND
NATÜRLICHE RESSOURCEN
ÜBERLEGUNGEN ZUM HOLZBEDARF IM RÖMISCHEN RHEINLAND*

Abstract: The first part of this paper is a critical examination of a study published a few years ago, in which Karl Peter Wendt and Andreas Zimmermann tried to calculate the population in the Roman Rhineland during the second century AD. It was their aim to create a basis for estimating demand and use of natural resources in a landscape. This contribution pursues the question as to the extent in which wood was used in antiquity. Examples are collected from archaeological contexts, where wood is well-preserved and allows for calculations on its use as building material, timber and firewood. This analysis is followed by a consideration whether it is currently possible to determine the consumption of wood in the Roman Rhineland convincingly. The article concludes with a critical assessment mainly discussing the long-standing problem of timber shortage in the Roman period.

DIE SCHÄTZUNG VON BEVÖLKERUNGSZAHL UND -DICHTEN IM RÖMISCHEN
RHEINLAND ...

Im Jahr 2008 hat Karl-Peter Wendt in Zusammenarbeit mit Andreas Zimmermann in einer umfangreichen Studie die Bevölkerungszahl im römischen Rheinland des 2. nachchristlichen Jahrhunderts zu schätzen versucht.¹ Geographisch entspricht das Untersuchungsgebiet dem Kartenblatt der römischen Siedlungen des 1.-5. Jahrhunderts im Geschichtlichen Atlas der Rheinlande.² Es umfasst das linksrheinische Areal zwischen Quadriburgium/Qualburg im Norden in einer Linie über Aquae Granni/Aachen bis Caranusca/Garthe im Süden. Die östlichsten Siedlungsplätze sind Bingium/Bingen, Altaiensium/Alzey und Eisenberg im Donnersbergkreis. Für dieses knapp 23.000 km² große Gebiet errechnen Wendt und Zimmermann eine Zahl von 250.000-410.000 Bewohnern, das entspricht 11-18 Personen

* Dem Beitrag liegt ein Vortrag bei der Tagung "Wirtschaftsarchäologie – von der Struktur zur Leistung", veranstaltet vom Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität zu Köln, im Juni 2010 zugrunde.

¹ Wendt (2008). Im folgenden Abschnitt wird der Gedankengang jeweils mit Bezug auf die Studie von Wendt und Zimmermann entwickelt; an den zitierten Stellen ist die ihren Argumenten zugrunde liegende Literatur ausgewiesen. Es sei hier auf die methodisch wie inhaltlich ähnliche Studie von Steuer (2007) hingewiesen.

² Cüppers & Rüger (1985) Karte III 1.

pro km². Auf der Basis dieser Schätzung werfen sie die weit reichende Frage auf, was eine solche Bevölkerungszahl für die Nutzung der Landschaft bedeutete.

Ehe eine solche Überlegung mit Blick auf die Ressource Wald und Holz im Mittelpunkt stehen kann, ist der von Wendt und Zimmermann vorgelegten Bevölkerungsschätzung Aufmerksamkeit zu schenken. Ihr Ergebnis fußt auf einer nach ländlichen, urbanen und militärischen Kontexten differenzierten Betrachtung der Region im 2. Jahrhundert. Für den ländlichen Raum liegen Beobachtungen zur Villendichte in drei Schlüsselgebieten — Hambacher Forst, Aldenhovener Platte und Krommer Rijn — zugrunde. Anhand der Überlegung, wie weit Landgüter voneinander entfernt lagen, kalkulieren Wendt und Zimmermann die Größe der jeweils bewirtschafteten Flächen und anhand dieser die Zahl der auf den Höfen lebenden Personen. Für Güter mit einer Wirtschaftsfläche von annähernd 50 ha liegen die Schätzungen bei 20 Personen, für doppelt so große Anlagen bei 25-50 Personen. Im Blick auf den gesamten Untersuchungsraum schließen Wendt und Zimmermann so auf eine Zahl von 72.000-143.000 Landbewohnern.³

Die Bevölkerung der Städte und Dörfer ist auf unterschiedliche Weise kalkuliert. Für die Vici im kaiserzeitlichen Rheinland — berücksichtigt sind Kastellhöfe, nicht aber zivile Kleinsiedlungen — wird von einer Einwohnerzahl ausgegangen, die der Größe der militärischen Besatzung vor Ort entsprach.⁴ Im Hinblick auf die städtischen Siedlungen Colonia Ulpia Traiana/Xanten, Colonia Claudia Augusta Agrippensium/Köln und Augusta Treverorum/Trier, das in der Studie dem Rheinland zugerechnet wird, stellt die überbaute Fläche das Quantifizierungskriterium dar. Maßgeblich für die Überlegungen von Wendt und Zimmermann zur innerstädtischen Bebauung sind vorliegende Studien zu Xanten und Augusta Raurica/Augst. Diese zeigen, dass in den beiden Koloniestädten 50-60 % des Siedlungsareals für Wohn- und Gewerbebauten genutzt wurden. Ein eindruckliches Beispiel, wie dicht die Bebauung in einer zivilen Siedlung sein konnte, liefern Beobachtungen im römischen Vicus bei Güglingen im Kreis Heilbronn. Grabungen der vergangenen Jahre ergaben Hinweise auf durchschnittlich 14 Häuser pro Hektar. Befunde in Grinario/Köngen und Lopodunum/Ladenburg wiederum lassen eine Zahl von 5-10 Bewohnern je Haus plausibel erscheinen. Auf dieser Grundlage errechnen Wendt und Zimmermann für die Städte und Dörfer im römischen Rheinland des 2. Jahrhunderts 150.000-240.000 Personen.⁵

³ Wendt (2008) 195-205.

⁴ Wendt (2008) 205.

⁵ Wendt (2008) 205-210.

In der untersuchten Region waren im betreffenden Zeitraum je eine Legion in Bonna/Bonn und Xanten stationiert. Wendt und Zimmermann kalkulieren sie mit einer theoretischen Maximalstärke von je 6.300 Mann. Mit dieser Schätzung beabsichtigen sie, den Umstand auszugleichen, dass die Stärke von Spezialeinheiten und Straßenstationen nur schwerlich quantifiziert werden kann und nicht in ihre Rechnung einfließt. Zu den Legionssoldaten kommt die Besatzung von 18 Hilfstruppenkastellen mit durchschnittlich je 750 Mann. Das militärische Kontingent im Rheinland wird vor diesem Hintergrund für das 2. Jahrhundert auf etwa 26.000 Personen geschätzt.⁶

... EIN SICHERES FUNDAMENT?

Wenngleich die beiden Autoren von der Zuverlässigkeit ihrer Schätzungen überzeugt sind⁷, ergeben sich bei näherer Betrachtung eine Reihe von Fragen. Primär ist auf zwei grundlegende Aspekte hinzuweisen:

1. Mit ihrer Studie intendieren Wendt und Zimmermann, Daten bereitzustellen, anhand derer künftig die Landnutzung in einem bestimmten Gebiet, dem römischen Rheinland, diskutiert werden kann. Vor diesem Hintergrund ist die Bemerkung "in römischer Zeit existierte eine arbeitsteilige Gesellschaft, in der eine größere Gruppe von Menschen nicht an der Produktion von Nahrungsmitteln beteiligt war [...]. Eine bedeutende Anzahl der Menschen lebte in kleineren und größeren Städten."⁸ problematisch. Sie impliziert nämlich, dass die Personen entsprechend der Einteilung in *villae rusticae* einerseits sowie Städte und Dörfer andererseits unterschiedlichen Tätigkeiten nachgingen — die Landbevölkerung der Agrarwirtschaft, die Einwohner von Städten und Dörfern Handel und Gewerbe. In konkreten Zahlen hätte eine Landbevölkerung von schätzungsweise 72.000 Personen im ungünstigsten Fall mehr als dreimal so viele Städter versorgen müssen, bestenfalls wäre die Zahlen von 143.000 Land- und 150.000 Stadtbewohnern annähernd ausgewogen.⁹ Gleich, wie man die Zahlen dreht, sie gehen in keiner Weise mit der gängigen Forschungssicht überein, dass während der römischen Kaiserzeit wie auch in späteren vorindustriellen Kulturen 80-90 % der Bevölkerung in der Landwirtschaft

⁶ Wendt (2008) 210-211.

⁷ Wendt und Zimmermann erachten die Ergebnisse insbesondere im Blick auf die ländliche Bevölkerung als sehr zuverlässig, vgl. Wendt (2008) 219.

⁸ Wendt (2008) 205.

⁹ Wendt (2008) 211 Tab. 10.

tätig waren¹⁰, und folglich — von regionalen Eigenheiten und Abweichungen abgesehen — nur etwa ein Zehntel der Bevölkerung in Städten lebte.¹¹

2. Vier Jahre vor der Publikation von Wendt und Zimmermann erörterte Werner Eck im Rahmen seiner Geschichte des römischen Köln auch die Bevölkerungszahl auf dem Territorium der Stadt. Mit einer Fläche von mindestens 4.000 km² entspricht es knapp einem Sechstel des von den beiden Autoren untersuchten Raumes. Eck geht davon aus, dass im urbanistischen Kern der Colonia Claudia Augusta Agrippensium 20-40.000 Personen lebten, dazu einige tausend in den Vorstädten. 40.000 Einwohner nimmt er für die kleineren Siedlungen an, im Schnitt 100 Bewohner pro Hektar. Landwirtschaftliche Güter von 50 ha und mehr bedürfen Eck zufolge der Arbeitskraft von mindestens 15 Personen, so dass er für die etwa 5.000 Einzelgehöfte von 75.000 Bewohnern ausgeht. Damit kommt Eck im Blick auf das Territorium von Köln auf wenigstens 140.000 Personen, einschließlich der im Gebiet stationierten Truppen sogar auf mehr als 150.000.¹² Diese Zahl entspricht in etwa bereits einem Drittel bis der Hälfte der von Wendt und Zimmermann angenommenen Bevölkerung des knapp sechsmal so großen 'Rheinlandes'. Die beiden Autoren setzen sich mit dieser Kalkulation und den unterschiedlichen Resultaten nicht auseinander.

Sicherlich lassen sich beide Anstöße bis zu einem gewissen Grad ausräumen. Für die nicht von der Landwirtschaft lebende Bevölkerung ergibt sich ein deutlich reduzierter Wert, wenn man in Wendt/Zimmermanns Studie entgegen ihrer Praxis zwischen den Bewohnern von Städten — Köln, Xanten und Trier — sowie Dörfern unterscheidet. Mit etwa 60.000 Personen¹³ sind dann noch 15-24 % der kalkulierten Bewohner des kaiserzeitlichen Rheinlandes als städtische Bevölkerung anzusprechen.¹⁴ Mit Blick auf den zweiten Punkt war ein großer Teil des Kölner Territoriums zweifelsfrei wesentlich fruchtbarer als etwa die nördlichen Teile des römischen Rheinlandes. Entsprechend muss mit unterschiedlichen Bevölkerungsdichten gerechnet werden, und die Kalkulation von Eck kann nicht ohne weiteres auf das gesamte von Wendt und Zimmermann in den Blick genommene Areal hochgerechnet werden.

¹⁰ Stellvertretend Pleket (1990) 71 und 103 Anm. 1 mit weiterer Literatur.

¹¹ So beispielsweise Kolb (1984) 191.

¹² Eck (2004) 311-313.

¹³ Wendt (2008) 210 Tab. 8.

¹⁴ Greift man die bei Bossart u.a. (2006) 76 Tab. 1 für Köln, Xanten und Trier gegebenen Daten auf und rechnet sie auf Wendt & Zimmermanns geschätzte Gesamtbevölkerungszahl für das Rheinland im 2.Jh. hoch, liegt der Anteil der Stadtbewohner bei 22-28%.

Gleichwohl kommen, je intensiver man sich mit dem von Wendt und Zimmermann vertretenen Ansatz befasst, weitere Zweifel an der Zuverlässigkeit solcher Schätzungen auf. Einige Gedanken seien hier formuliert: Es ist zu überlegen, inwieweit die Zahl der Bewohner einer *villa rustica* außer von der Größe der bewirtschafteten Fläche auch davon abhing, was im einzelnen dort angebaut wurde, und wie arbeitsintensiv die Feldfrüchte waren. Gleich große, aber unterschiedlich bestellte Anbauflächen können verschieden viele Arbeitskräfte erfordert haben. Mithilfe archäobotanischer und -palynologischer Untersuchungen lassen sich konkrete Vorstellungen der Bodennutzung im gefragten Zeitraum gewinnen.¹⁵ Des Weiteren ist zu erörtern, ob die für ein Landgut errechnete Personenzahl ein arbeitsbedingtes Maximum beschreibt, wie es vermutlich zur Ernte erforderlich gewesen sein dürfte¹⁶, und ob davon auszugehen ist, dass diese das gesamte Jahr über gleich hoch war, selbst wenn saisonbedingt nur wenig Feldarbeit anfiel.¹⁷ Die Überlegung zielt zugleich auf die Frage, inwieweit Personen auf eine Arbeit wie die Landwirtschaft spezialisiert waren und ausschließlich dieser Tätigkeit nachgingen.¹⁸ Es ist in diesem Zusammenhang die temporäre Beschäftigung von Tagelöhnern zu erörtern, die womöglich nur Teile des Jahres auf dem Feld arbeiteten und ansonsten anderen Gewerben in der Umgebung nachgingen.¹⁹

Im Blick auf die Bevölkerungsdichte in Städten verweisen Wendt und Zimmermann mit Augusta Praetoria/Aosta selbst auf ein Exempel, bei dem die überbaute Fläche nicht, wie in Augst und Xanten, deren Befunde sie ihren Kalkulationen zugrunde legen, lediglich die Hälfte, sondern 80 % des Siedlungsareals ausmachte.²⁰ Die archäologische Quellenlage erlaubt es bis dato nicht, Faktoren zu benennen, die für die unterschiedlich starke

¹⁵ Stellvertretend für Hessen und Mainfranken Kreuz (1994/95), Kreuz (2004), Stobbe (2000), Singer (2005), Stobbe (2009); zum Rheinland exemplarisch Knörzer & Gerlach (1999), Meurers-Balke u.a. (1999), Bunnik u.a. (2005), Meurers-Balke & Kalis (2005), Meurers-Balke (2007), Schamuhn & Zerl (2009).

¹⁶ Während der Ernte und Weinlese fanden keine Gerichtsverfahren und Volksversammlungen statt, dazu Rüpke (2006) 51-52.

¹⁷ Zu jahreszeitlich bedingten Arbeitsabläufen Kreuz (2004) 191-194, konkrete Berechnungen zum Bedarf an Arbeitskräften im Zusammenhang mit Getreideernten bei Kreuz (1994/95) 78-82.

¹⁸ Zur Arbeitsteilung und Spezialisierung von Handwerk und Handel im lateinischen Westen des *imperium Romanum* noch immer von Petrikovits (1981a) und von Petrikovits (1981b) sowie Erb (1982) und Wissemann (1984). Den Blick auf den ostmediterranen Raum eröffnet die Studie von Ruffing (2008).

¹⁹ Zur Lohnarbeit und dem *mercennarius* vgl. die Arbeiten von de Robertis (1961), Nörr (1965), Mrozek (1989) und zuletzt Berrendonner (2007).

²⁰ Wendt (2008) 206 mit Verweis auf Bossart u.a. (2006) 86-87.

Bebauung von Siedlungsarealen verantwortlich gemacht werden können. Auch Wendt und Zimmermann erkennen, dass “für die meisten urbanen und dörflichen Strukturen in den nordwestlichen Provinzen [...] bisher die notwendigen Angaben zur inneren Gliederung der Überbauung” fehlen, sehen diesen Umstand jedoch nicht als mögliche Fehlerquelle ihres Verfahrens, sondern vielmehr als diesem entgegenkommend.²¹ Macht man sich hierzu jedoch weitere Gedanken, muss meines Erachtens die Nutzung der Bauten stärker hinterfragt werden. Es interessiert beispielsweise, welche Handwerke vor Ort gegebenenfalls besonders stark vertreten sind, und welche baulichen Strukturen mit ihnen einhergehen. Inwieweit ist, abgesehen etwa vom Töpferei- oder Färbereigewerbe, dessen Betrieb bestimmte Voraussetzungen benötigt, von regelrechten Gewerbefläche auszugehen, die ansonsten nicht bewohnt waren? Entspricht die Vorstellung, dass man zum Arbeiten den eigenen Wohnbereich verließ, überhaupt kaiserzeitlichen Gegebenheiten, oder sind die Räumlichkeiten, in denen man lebte und arbeitete, nicht vielmehr weitgehend identisch?²² Welche Folgen haben diese Überlegungen für die Kalkulation einer Einwohnerzahl auf der Grundlage überbaute Siedlungsfläche?

Weiterhin ist zur Beurteilung der Bebauung die Lage der Siedlungen und die Art und Funktion ihres Umfeldes im Blick zu halten: Eine Niederlassung wie Augusta Praetoria/Aosta am Fuß eines Hochgebirgspasses musste andere Anforderungen erfüllen als ein Ort umgeben von gut erreichbarem Agrarland.

Hinsichtlich der Militärpräsenz im kaiserzeitlichen Rheinland, bei der auch die Flotte nicht vergessen werden darf, bleibt die Stärke einzelner Truppeneinheiten zu diskutieren. War diese über die gesamte Zeit ihrer Stationierung zahlenmäßig unverändert an ihrem Standort präsent? Ferner interessiert, in welchem Maße, aus welchen Anlässen und für welche Zeitspannen gegebenenfalls Vexillationen in die hier relevante Region hinzukamen oder auch von dort in andere Gebiete abgezogen wurden.²³

Dem Aspekt einer wie hier erläuterten Verdichtung und Prüfung der Daten messen Wendt und Zimmermann geringere Bedeutung bei. Vielmehr bewerten sie, festgemacht an den Ergebnissen zur Fundstellendichte im ländlichen Raum, ihre Resultate auf der Basis der zur Verfügung stehenden Daten bereits als sehr zuverlässig und formulieren vor diesem Hintergrund

²¹ Wendt (2008) 206.

²² Zur Werkstatt als “Heim des Handwerkers” im Mittelalter vgl. die illustrative Schilderung von Sennett (2008) 77-112.

²³ Grundlegend zu Vexillationen noch immer Saxer (1967).

die Ergebnisse und Perspektiven ihrer Arbeit: Im Vergleich mit der bandkeramischen Kultur, für die ähnliche Berechnungen im Siedlungsraum auf der Aldenhovener Platte unternommen wurden²⁴, sei die Bevölkerungsdichte der römischen Kaiserzeit um das dreißigfache größer geworden. Diesen Befund deuten sie im Sinne einer "Optimierung der Lebensverhältnisse in der staatlich organisierten römischen Gesellschaft".²⁵ Einige Seiten weiter wird klarer, was damit gemeint sein könnte: "eine intensive Nutzung der Landschaft [...] vor allem [...] die Nutzung der Wälder [als] Brennholz für Kochen, Heizen, Keramik- und Glasherstellung sowie Metallgewinnung und -verarbeitung".²⁶ Wendt und Zimmermann gehen noch weiter: Hinweise auf einen intensiven Anbau von Getreide in der Region einerseits und die Verwendung von (Bau-)Holz aus dem Schwarzwald andererseits sind die maßgeblichen Faktoren, für das Rheinland am Ende des 2. Jahrhunderts das Bild einer stark entwaldeten Region zu entwerfen.²⁷ Die Untersuchung, die einen möglichen Zugang zur Abschätzung von Bevölkerungsdichten aufzeigt, zielt damit weit über ihren ursprünglichen Ansatz hinaus auf die Überlegung, was die jeweiligen Zahlen für die Nutzung der betreffenden Landschaft bedeuten.

Diese Frage steht im Folgenden mit Blick auf die Nutzung der Wälder im Mittelpunkt: Lässt sich für das römische Rheinland begründet abschätzen, wozu wie viel Holz benötigt wurde? Welche Aussagen sind auf der Grundlage einerseits einer angenommenen Bevölkerungszahl, andererseits der in den Quellen überlieferten Kenntnis, wofür und in welchen Mengen Holz Verwendung fand sowie konkreter archäologischer Befunde und Funde möglich?

FORSCHUNGSANSÄTZE IN HOLZSTUDIEN

Waldbestände gehören zu den natürlichen und erneuerbaren Ressourcen, die den antiken Menschen — wenn auch in unterschiedlicher Menge und Zusammensetzung — in fast allen Landschaften zur Verfügung standen.²⁸ Sie unterscheiden sich damit von Rohstoffen wie Metallen oder Salz, deren Vorkommen an bestimmte geologische Bedingungen geknüpft ist.

²⁴ Zimmermann u.a. (2004) 49-79 und Zimmermann u.a. (2009).

²⁵ Wendt (2008) 214.

²⁶ Wendt (2008) 219.

²⁷ Wendt (2008) 214.

²⁸ Zur Ressourcendefinition und -gliederung Höning (1998) 30-32, Siebert (1983) 2-3.

Diese allgemeine Disponibilität stellt eine notwendige Voraussetzung für großräumige und komparative Betrachtungen zum Umgang mit der Ressource dar. Holz, auf dieses Waldprodukt werden die Überlegungen im Folgenden konzentriert²⁹, kam in vielfältiger Weise in unterschiedlichsten Lebensbereichen zum Einsatz. Es ist daher legitim, Beispiele aus anderen mehr oder minder weit entfernten Siedlungsräumen und Nutzungskontexten für die Situation im Rheinland heranzuziehen.

Erste systematische und insbesondere aus den literarischen Quellen gespeiste Zusammenstellungen, wozu Holz in der Antike verwendet wurde, haben August Seidensticker im Handbuch *Waldgeschichte des Alterthums* und Julius Trubrig in der Abhandlung über *Die Waldwirthschaft der Römer* im ausgehenden 19. Jahrhundert vorgelegt.³⁰ Die Dendrochronologie, die naturwissenschaftliche Methode zur Altersbestimmung von Holz, wurde nur wenige Jahre später in den USA begründet. In Europa etablierte sie sich erst knapp vier Jahrzehnte später. Mit ihrer Entwicklung ging eine enorme Vermehrung entsprechender Daten einher, die Wachstumsregionen wie Baumgattungen gleichermaßen berücksichtigt und heute einerseits mehr und mehr chronologisch wie topographisch überlappende Datierungsfestpunkte zur Verfügung stellt, andererseits zunehmend bisher erst wenig beachtete Landschaftsräume und Bewuchstypen in die Auswertungen einbezieht.³¹ Die Dokumentation und Interpretation von Bearbeitungs- und Nutzungsspuren rückte seit den 1960er Jahren zusätzlich vermehrt in den Mittelpunkt des Interesses am Bau- und Werkstoff Holz.³² Interdisziplinäre, insbesondere experimentelle und technikorientierte Zugänge, wie sie zuletzt im Rahmen der Oldenburger Tagung und Sonderausstellung "Holz-Kultur von der Urzeit bis in die Zukunft" und dem Grazer Symposium zu Holz in der Antike vorgestellt wurden, stecken weitere methodische Eckpunkte der Beschäftigung mit Holz ab.³³ Eine erste breit angelegte historische

²⁹ Weitere Waldprodukte waren Baumfrüchte, -rinde, -bast und -säfte wie Balsam, Gummi und Harz. Ferner fanden Laub und Baumschwämme Verwendung. Der Wald diente den in einer Region jeweils üblichen Nutztieren zur Waldweide. Zu diesen Waldnutzungen vgl. die Quellenübersicht bei Seidensticker (1886a) 319-340 und Seidensticker (1886b) 329-363, ferner Trubrig (1888) 49-53 sowie vor allem 61-69, jüngst auch Willerding (2006) 108-117.

³⁰ Seidensticker (1886a), Seidensticker (1886b), Trubrig (1888).

³¹ Vgl. zur süddeutschen Eichenchronologie Becker (1993) und Spurk u.a. (1998), zur präborealen Kiefernchronologie Grudd u.a. (2002) und Eronen u.a. (2002) sowie zur ostalpinen Zirbenchronologie Nicolussi u.a. (2001/02), hier auch ein kurzer Forschungsabriss.

³² Einen Überblick über Dendrochronologie und -archäologie gibt Neyses (1986), vgl. auch Grabner (2011).

³³ Fansa & Vorlauf (2007a) und Fansa & Vorlauf (2007b); Scherrer (2011).

Auseinandersetzung jüngerer Datums stellt die noch immer aktuelle Studie *Trees and Timber in the Ancient Mediterranean World* von Russell Meiggs dar, der dabei von seinen Erfahrungen als verantwortlicher Offizier für die heimische Holzproduktion im Versorgungsministerium während der Kriegsjahre profitierte.³⁴ Sie gab die Strukturen vor, innerhalb derer in den letzten zehn Jahren auch im deutschsprachigen Raum entsprechende Arbeiten folgten. Marcus Nenninger fokussiert in seiner 2001 erschienenen Dissertation *Die Römer und der Wald* auf die römischen Nordwestprovinzen, die drei Jahre später publizierte Studie von Hans-Günter Buchholz stellt die Nutzung des Werkstoffs Holz im östlichen Mittelmeerraum in den Vordergrund.³⁵ Die genannten Untersuchungen stehen stellvertretend für die Tendenz, neben ethnologischen Ansätzen archäologisches Quellenmaterial in die historische Argumentation einzubeziehen.

Die Ergebnisse dieser exemplarisch umrissenen Studien stellen eine gute Grundlage dar, anhand einer spezifischen Region der Frage nachzugehen, wie viel Holz die Bewohner eines Siedlungsraumes benötigten und verbrauchten. Das kaiserzeitliche Rheinland bietet sich für einen derartigen Versuch nicht nur vor dem Hintergrund der diesen Ausführungen zugrunde liegenden Arbeit von Wendt und Zimmermann zur Bevölkerungsdichte an. Hinzu kommt vielmehr die vergleichsweise gute Kenntnis der wirtschaftlichen Strukturen dieses Raumes. In den vergangenen Jahren wurden einerseits zahlreiche Einzeluntersuchungen zu lokalen Gewerben vorgelegt, für die Holz in großer Verfügbarkeit elementare Voraussetzung war, beispielsweise die Studie zur Kölner Keramikproduktion, Abhandlungen zu den Glasöfen im Hambacher Forst oder die Beobachtungen zu vielerorts in der Region — der Nordeifel, dem Raum Aachen-Stolberg, dem unteren Ahrtal und dem rechtsrheinischen Bergischen Land — gewonnenen Blei.³⁶ Andererseits legte Peter Rothenhöfer im Jahr 2005 für das südliche Niedergermanien erstmals eine Synthese zur Wirtschaftsgeschichte eines Siedlungsraumes vor. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass die Diskussion maßgeblich auf der Basis archäologischer Befunde und Funde geführt wird und neben die qualitative Darstellung der wirtschaftlichen Vorgänge zahlreiche quantitative Überlegungen zum Bedarf an Ressourcen und Produktionsumfängen treten.³⁷

³⁴ Meiggs (1982).

³⁵ Nenninger (2001), Herz (2001), Buchholz (2004).

³⁶ Höpken (2005), Seibel (1998) 87-101, Gaitzsch u.a. (2000), Rothenhöfer (2005) 88-94.

³⁷ Rothenhöfer (2005).

Eine dendrochronologische und archäologische Studie zu Holz und Holzwirtschaft am Niederrhein in römischer Zeit ist derzeit Gegenstand der Dissertation von Ronald Visser an der Universität Amsterdam.³⁸

HOLZNUTZUNG

Generell lassen sich im Blick auf die Verwendung von Holz Bauholz, Nutzholz und Brennholz unterscheiden. Die drei Kategorien bilden eine gute Gliederung, um eine Vorstellung zu gewinnen, wofür in der römischen Kaiserzeit in welchem Maße Holz verwandt wurde. Dabei wird keine systematische, umfassende Quellen- oder Literatursammlung angestrebt. Vielmehr liegt der Schwerpunkt auf der Überlieferung von Holz in archäologischen Befunden und Funden. Ausdrücklich steht die Frage nach solchen Kontexten im Vordergrund, die Mengenberechnungen erlauben: Welche Beispiele für solche Kalkulationen lassen sich anhand von Grabungsbeobachtungen, experimentellen Versuchen und Rekonstruktionen anführen? Inwieweit können derartige Beobachtungen auf die Gegebenheiten im Rheinland übertragen und im Blick auf die Ausgangsfrage nach der Menge der betreffenden Ressourcen, die eine dortige Bevölkerung im 2. Jahrhundert benötigte, hochgerechnet werden?

1. Bauholz

In den Nordwestprovinzen des *imperium Romanum* ist in archäologischen Befunden ab dem mittleren bis späten 1. Jahrhundert verstärkt die Entwicklung zu beobachten, dass die Gründungskonstruktionen von Bauten statt in Holz vornehmlich in Stein ausgeführt wurden. Gleichwohl verschwindet Holz als Baustoff damit nicht, sondern bleibt im Aufgehenden für Fachwerk- und Dachstuhlkonstruktionen sowie Eindeckungen unentbehrlich.³⁹ Ebenso ist Holz auch weiterhin das Baumaterial für Funktionsbauten wie Speicher, Stallungen und Schuppen, die hauptsächlich in ländlichen Kontexten zu suchen sind.⁴⁰

³⁸ Visser (2010) 11 und 22.

³⁹ Vgl. die Beobachtungen in Augst bei Schwarz (2004) 307 oder an Wohnhäusern in Rätien bei Ertel (2008). Eindrücklich sind die Befunde vom Auerberg, wo ab vespasianischer Zeit Holzbauten zwar teilweise in Stein ersetzt wurden, generell aber bis ins 3. Jh. nachweisbar sind, vgl. Weber (2001). Zur Situation in Britannien Hanson (1978) 169-170. Im Jahr 2007 fand in München ein Kolloquium zu Holztragwerken der Antike statt, in dem insbesondere Dachkonstruktionen diskutiert wurden, vgl. von Kienlin (2011). Zur verzierten Holzbalkendecke im kaiserzeitlichen Hanghaus 2 von Ephesos Thür (2011) 197-205.

⁴⁰ Zu römischen Gutshöfen in reiner Holzbautechnik im Areal der Münchner Schotterebene Pietsch (2006). Zu entsprechenden Vorratsbauten in militärischen Kontexten

Bedarfsberechnungen in baulichem Kontext wurden zuletzt gerade im Rheinland im Zusammenhang mit Rekonstruktionen innerhalb der Colonia Ulpia Traiana durchgeführt. Für die Wiedererrichtung eines zweigeschossigen Wohnhauses mit rückwärtigem eingeschossigem Schuppen von zusammen 236 m² Nutz- und Wohnfläche wurden annähernd 45 m³ Holz verbaut. Dazu kommen 218 m² Bodendielen von 6 cm Stärke. Nicht kalkuliert sind dabei eine mögliche Schindeleindeckung, Türen, Fenster und Fensterläden, hölzerne Trennwände und Mobiliar.⁴¹

Ebenfalls unquantifiziert und meines Wissens bisher in Rekonstruktionen und Experimenten überhaupt nicht einbezogen, ist der Umfang von Baustelleninstallationen, die ebenfalls weitgehend aus Holz bestanden. Dazu zählen Lastkräne, wie sie Vitruv detailliert beschreibt und wozu das bekannte Relief am Grabmonument der Haterier in Rom aus dem 1. Viertel des 2. Jahrhunderts fast als Illustration verstanden werden kann⁴², ferner Gerüste und Verschalungen. Ein seltenes und umso eindrucklicheres Beispiel für letztgenannte Nutzung haben die Grabungen am Kurt-Hackenberg-Platz im Zuge der Arbeiten für die Kölner Nord-Süd-Stadtbahn geliefert. Dort kamen, wie schon in den Jahrzehnten zuvor beim Bau der Domgarage und bei Kanalgrabungen beobachtet, am Fundament der Stadtmauer in situ verbliebene Schaltafeln zu Tage. Entsprechend den Holzanalysen bestanden sie aus Schwarzwälder Tannen, die im Jahr 89 n.Chr. gefällt und ins Rheinland gebracht worden waren.⁴³

Zur Stabilisierung von Bauten in feuchtem Milieu errichtete man diese auf tief gründenden Holzpfählen.⁴⁴ In Mogontiacum/Mainz war die Thermenanlage am rheinnahen Tritonplatz entsprechend fundamentierte. Ihre Erbauung fällt nach Dendrodaten in respektive nach das Jahr 33 n.Chr.⁴⁵ Auch mehr als 200 Jahre später sind vergleichbare Maßnahmen vor Ort zu beobachten. Mitte des 3. Jahrhunderts umgab man Mainz mit einer Stadtmauer und gründete sie im Bereich von Rheinufer und Bleichenviertel

Manning (1975) mit Blick auf das römische Britannien. Eine jüngste, diachrone Betrachtung von Speicherbauten gibt Schmaedecke (2002).

⁴¹ Freundliche Auskunft Peter Kienzle, Archäologischer Park Xanten, vom 15. Februar 2011. Die Angaben beziehen sich auf den ersten Bauabschnitt der Wohnhaus-Rekonstruktion. Zur Verwendung von Holz als Bodenbelag, zur Dachkonstruktion und -eindeckung sowie zur Deckengestaltung Ulrich (2007) 111-177.

⁴² Vitr. 10.2; zum Grabmonument der Haterier zuletzt umfassend Sinn & Freyberger (1996) 51-59 mit Taf. 11-16 zum betreffenden Relief, zu antiken Kränen und Hebewerken Landels (1989) 101-117.

⁴³ Schmidt (2010) 329-330.

⁴⁴ Historisch allgemein zu Pfahlgründungen Bormann (1992) zur römischen Antike Ulrich (2007) 72-89.

⁴⁵ Witteyer (1998) 1042.

ebenfalls auf einem Holzrost. Alexander Heising hat hierfür einen Bedarf von ungefähr 13.300 Eichen-Pfählen errechnet, das entspricht in etwa 2.000 Bäumen eines Alters von 60-80 Jahren.⁴⁶ In Arelate/Arles stabilisierte man die 20.000 Besucher fassende Circusanlage nahe dem Rhôneufer mit Holzpfählen einer Länge von 2,5-3 m. Während der Grabungen und auf der Basis der Auswertung der Hölzer konnte beobachtet werden, dass diese entsprechend ihren Eigenschaften spezifisch eingesetzt wurden: Während Fassade und Podiumsmauer über Nadelhölzern errichtet wurden, fundamentierte man Gebäudepartien, die wie die Gewölbeauflagen hohem Druck ausgesetzt waren, mit Eichenpfählen. Die ermittelten Fälldaten datieren den Bau in die Mitte des 2. Jahrhunderts. Claude Sintès kalkuliert für die Baumaßnahme einen Bedarf von zirka 25.000 Bäumen und schließt auf eine Rodungsfläche von 200 ha Wald.⁴⁷

Steinerne Brückenpfeiler standen gleichermaßen auf Pfahlrosten, die innerhalb hölzerner Spundwände in das Flussbett getrieben wurden. Aussagekräftige Hinterlassenschaften sind seit langem vom Übergang über die Mosel bei Trier sowie aus dem Rhein bei Koblenz und Mainz bekannt.⁴⁸ Dendrodaten weisen auf eine Bauzeit der Moselbrücke um das Jahr 17 v.Chr. Ihre Pfeiler gründeten auf Holzrosten, dicht nebeneinander gesetzten Holzpfählen von etwa 19×10 m. Die geborgenen Exemplare hatten eine Länge von 1-2,5 m und einen Durchmesser von 25-45 cm. Heinz Cüppers kalkuliert jeden Pfahlrost pauschal mit 230 entsprechenden Holzpfählen. Für die gesamte Brücke wurden demnach an die 2.000 Eichenpfähle in den Grund gerammt. Mehr als doppelt so lang war die Pfahlrostbrücke über den Rhein bei Mainz. Früheste Daten weisen hier auf Bauaktivitäten seit dem Jahr 27 n.Chr. Um 1880 wurde einer der Roste mit den in großen Teilen geborgenen Pfählen im Mainzer Schlosshof in Originalgröße rekonstruiert. Das erlaubt es, den Gesamtbedarf an Eichenstämmen für die Fundamentierung der Mainzer Rheinbrücke auf mindestens 1.000 Exemplare zu schätzen.

Die gute Erhaltung von Holz in feuchtem Grund hat wiederholt zu ufernahen Befundbeobachtungen geführt, welche in den Kontext von Hafenanlagen gestellt werden können. Beeindruckende Überreste von Kaianlagen, Werfteinrichtungen und Hinweise auf Entladekräne sind unter anderem aus

⁴⁶ Heising (2008) 169-173 mit Anm. 677.

⁴⁷ Sintès (2008) 206-209 Für den Hinweis danke ich Rudolf Haensch, München.

⁴⁸ Zum folgenden Cüppers (1969) 138-140 und zuletzt Cüppers (2001), Bauer (2007) 278-279. Anhand der Koblenzer Rheinbrücke errechnet Mensching (1981) modellhaft Arbeitsablauf und -aufwand der Pfahlsetzung; zur Konstruktion der Pfahljochbrücke Schieferdecker (1981).

Köln, Xanten, Londinium/London, Novae/Staklen an der Unteren Donau oder Caesarea Maritima/Keisarija im östlichen Mittelmeer vorgelegt worden.⁴⁹ Verallgemeinernde Quantifizierungen fallen in diesen Zusammenhängen schwer, weil in modernen Siedlungsarealen selten flächig Aufschlüsse möglich sind, anhand derer die Ausmaße vermuteter Landeplätze erfasst werden können. Vielmehr machen die oft nur kleinen Grabungsschnitte Interpretationen zeitlicher wie funktionaler Bezüge, und damit die Grundlagen von Kalkulationen, problematisch.⁵⁰

Prügelwege ermöglichten das Durchqueren von sumpfigem Gelände. Einen außerordentlichen Befund haben die Grabungen an der Via Claudia Augusta zu Beginn der 1990er Jahre bei Lermoos in Tirol freigelegt. Das Moor zwischen Biberwier und Lermoos wurde erstmals kurz vor der Mitte des 1. Jahrhunderts mit einer 7 m breiten Straßentrasse durchzogen. Dazu verwendete man Bäume, die im Herbst und Winter 45/46 n.Chr. geschlagen und je nach Gelände als Rundhölzer oder halbierte Stämme verlegt wurden. Kalkuliert man die betreffende Strecke von 1,5 km allein mit Halbstämmen, wurden dafür ungefähr 1.700 m³ Holz benötigt.⁵¹

Ähnliche Befunde können in kleineren Dimensionen auch im römischen Rheinland beobachtet werden. Bei Grabungen am Kölner Waidmarkt kamen im Jahr 2008 die Reste eines Knüppeldamms aus Eichen- und Buchenstämmen zu Tage. Sie gehören zu einer Nebenstraße, die von Westen an die parallel zum Rhein verlaufende Ferntrasse heranführte, und am Waidmarkt eine alte Bachrinne querte. Den Fälldaten der Eichenhölzer zufolge wurde das Wegstück in tiberischer Zeit hergerichtet.⁵²

Bauholz spielte natürlich auch in militärischen Kontexten eine wichtige Rolle.⁵³ Hat man die germanischen Provinzen vor Augen, kommt dabei primär der obergermanisch-rätische Limes in den Sinn, der ab dem frühen 2. Jahrhundert als Holzpalisade mit bis zu 3 m hoch aufragenden Eichenstämmen ausgebaut wurde. Annähernd 100 km des 550 km langen Grenzverlaufs entfallen auf das Gebiet, für das Wendt und Zimmermann ihre Bevölkerungsstudie entwickelt haben. Nimmt man für die Strecke

⁴⁹ Schmidt (2005), Schmidt (2010) 330, Trier (2010), Dietmar & Trier (2006) 32-34, Leih (2008), Milne (1985) 55-67, Brigham (1990), Sarnowski (1996) 198, Votruba (2007).

⁵⁰ Als Beispiel sei auf die Bewertung der archäologischen Befunde zur Rheinufer-topographie in Mainz verwiesen, die Martin-Kilcher & Witteyer (1998/99) 83-102 zusammengestellt haben.

⁵¹ Nicolussi (1998).

⁵² Trier (2010) 237-238.

⁵³ Zum Holzbedarf antiker Truppen allgemein Meiggs (1982) 154-187; allgemein jetzt Löffl (2011) und im Blick auf das Rheindelta van Rijn (2011).

einmal 3 m hohe und 20 cm dicke Pfähle an, wäre ein Bauholz-Volumen von mindestens 38.000 m³ Eichenholz erforderlich gewesen.⁵⁴ Die Kalkulation hängt maßgeblich an Faktoren wie der Fundamenttiefe, der Pfahlänge oder der Stammdicke, ferner der Frage, ob Rundhölzer oder Halbstämme Verwendung fanden.⁵⁵ Ändert man in der Berechnung nur allein je eine dieser Einflussgrößen, führt das zu deutlich anderen Ergebnissen: bei der Annahme durchgängig halbiertes Stämme zu 19.000 m³, bei einer Länge von 4 m zu 50.000 m³ und bei einer Kalkulation mit 30 cm dicken Pfählen zu 85.000 m³.⁵⁶

Bereits 1978 publizierte William Hanson Schätzungen für den Holzbedarf im militärischen Bereich. Orientiert an den Befunden der Anlage von Pen Lllystyn in Gwynedd/Wales, errechnete er, dass für Umwehrgung, Türme und Innengebäude eines 4 acre großen holzgedeckten Lagers ungefähr 22.000 cft Holz benötigt wurden.⁵⁷ Metrisch ausgedrückt, bedeutet das für ein 1,6 ha umfassendes Kohortenkastell für 500 Infanteristen ein Volumen von etwa 623 m³ Holz.⁵⁸ Zwei Jahrzehnte nach den für ihre Zeit singulären Arbeiten von William Hanson wurden ähnliche Studien wiederum von der britischen Forschung vorgelegt: Elisabeth Shirley befasste sich detailliert mit Material- und Arbeitsvolumina, die notwendig waren, um ein 20 ha großes Legionslager zu errichten.⁵⁹ Orientiert an den Befunden von Pinnata Castra/Inchtuthil kalkuliert sie einen Bauholzbedarf von etwa 16.000 m³. Für kaiserzeitliche Militäranlagen im Gebiet des römischen Deutschland wurden bisher keine entsprechenden Überlegungen angestellt. Mit der Aufnahme des Limes in die UNESCO-Welterbeliste gehen seit einigen Jahren Bemühungen zu

⁵⁴ Volumenberechnung für einen Einzelpfahl $\pi \times r^2 \times h = 0,38 \text{ m}^3$, hochgerechnet auf 100 km.

⁵⁵ Zu entsprechenden Beobachtungen vgl. Czysz & Herzig (2008a).

⁵⁶ Nenninger (2001) 182-183 Anm. 1217 führt Kalkulationen mit 15 cm starken Pfählen durch und schätzt den Bedarf für die durch Hessen verlaufende 150 km lange Limesstrecke auf 300.000-450.000 Bäume.

⁵⁷ Hanson (1978) 297-298 mit Anm. 50, vgl. auch Hanson & Macinnes (1981) und besonders Hanson (1982) mit detaillierten, baubezogenen Aufschlüsselungen von Materialvolumina.

⁵⁸ Der angloamerikanische "acre" entspricht im metrischen System 4050 m², 1 cft (cubic foot/Kubikfuß) 0,028 m³.

⁵⁹ Shirley (2000) sowie Shirley (2001) 49-73 und 144-145 die Bilanz. Eine überblickhafte Aufzählung von Holzbedarf in militärischem Kontext gibt McCarthy (1986), speziell mit Blick auf das Heer in den Provinzen des griechischen Ostens Kissel (1995) 196-207. Die Befunde der Ausgrabungen im Areal des Militärlagers von Albaniana/Alphen aan den Rijn, illustrieren eindrücklich, wofür Holz insbesondere in feuchten Arealen verwendet wurden, dazu Polak u.a. (2004) 38-127.

seinem Schutz, seiner Erforschung und touristischen Präsentation einher. In diesem Zusammenhang stehen Rekonstruktionen, die unter experimentalarchäologischen Gesichtspunkten und vor dem Hintergrund der Frage nach Material- und Arbeitsaufwand verfolgt werden. In den kommenden Jahren ist mit den derzeit laufenden Wiederaufbauten des Steinurms bei Limeshain im Wetteraukreis (Hessen) sowie des Kleinkastells und Wachturms Pohl im Rhein-Lahn-Kreis (Rheinland-Pfalz) mit entsprechendem Daten- und Kenntniszuwachs zu rechnen.⁶⁰

In den Vici der Kastelle Zugmantel, Arnsburg, Dambach und Quintana/Künzing sind in den vergangenen Jahren Spuren großer hölzerner Rundbauten entdeckt worden. Die Forschung interpretiert sie im Sinne von Amphitheatern und Plätzen für militärische Übungen. Derartige Anlagen können einerseits standardmäßig zur Ausstattung eines Lagerdorfs gehört haben, andererseits zu bestimmten Anlässen wie etwa einem Besuch eines Kaisers vergleichsweise rasch errichtet oder erneuert worden sein. Im Falle von Künzing weist das Fundmaterial auf eine Bauzeit in der ersten Hälfte des 2. Jahrhunderts. Gerhard Waldherr erörtert vor diesem Hintergrund die Möglichkeit, den Bau mit der Anwesenheit des Hadrian in Rätien und an der Donaugrenze im Jahr 122 n.Chr. zu verbinden. Das Theater in Künzing hatte lediglich zwei bis drei Jahrzehnte Bestand, danach wurde es teilweise systematisch demontiert. Demzufolge waren die verbauten Hölzer weiterhin nutzbar, zumindest als Feuerholz taugten sie noch.⁶¹

2. Nutzholz

Neben Baumaterial ist Holz Werkstoff für Geräte und Gegenstände unterschiedlichster Verwendung. Zu denken ist zunächst an Wagen und Schiffe. Von römischen Landfahrzeugen findet man in archäologischen Kontexten nur selten Holzreste. Teile zweier Exemplare sind in der Villa Arianna bei Stabiae/Castellammare di Stabia, die beim Vesuvausbruch des Jahres 79 n.Chr. verschüttet wurde, erhalten geblieben.⁶² Häufiger trifft man auf die Überreste ihrer Metallbestandteile, während Reliefs und

⁶⁰ Den Limeskoordinatoren der Länder Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg, Thomas Becker, Jens Dolata und Stephan Bender danke ich für entsprechende Auskünfte.

⁶¹ Künzing: Schmotz (2006) und Waldherr (2006); Arnsburg: Bender (2004), Bender (2005), von Kaenel & Wenzel (2010) 117; zusammenfassend Sommer (2009). Zum hölzernen Arenaboden im Colosseum: Beste (2011) 259-271.

⁶² Miniero (1987), zum Wagenbau allgemein Buchholz (2004) 97-104, zu römischen Reisewagen Röring (1983). Überreste und Hinweise auf Räder diskutiert Ulrich (2007) 202-212.

Mosaiken über Aussehen und Nutzung der Wagen informieren. Anhand dieser Quellen sind wiederholt Rekonstruktionen gefertigt worden. Für den gut dokumentierten Augster Nachbau eines kaiserzeitlichen Reise-wagens, der an Funden aus Ungarn und Neupotz orientiert ist, erfolgten zeitliche Aufwandsberechnungen.⁶³ Im Sinne der Fragestellung verwertbare Daten zum Umfang des Baumaterials wurden nicht erhoben.

Transportschiffe und insbesondere die römische Flotte benötigten unzweifelhaft große Holzmen-gen.⁶⁴ Unterwasserfunde im Mittelmeer-raum und den Flüssen der Nordwestprovinzen vermitteln eine Vorstellung von der Dichte des kaiserzeitlichen Wasserverkehrs.⁶⁵ Trotz intensiver unterwasserarchäologischer und schiffsbautechnischer Forschung, die in Publikationen stets mit maßstäblichen Rekonstruktionen einhergeht, spielt die Ermittlung des Bedarfs an Holz bis dato — zumindest im Sinne der hier gestellten Frage — keine Rolle. Quantitative Überlegungen konzentrieren sich in diesem Forschungsfeld bislang auf das Ladevolumen der Schiffe. Beim Holz interessiert, welche Gattungen in welchem konstruktiven Zusammenhang Verwendung fanden, und sein Beitrag zur Datierung.⁶⁶

Aus Holz konnten Kanäle, Latrinen- und Brunnenfassungen bestehen.⁶⁷ Die Funktion der beiden letztgenannten übernahmen in den Nordwestprovinzen häufig leere Fässer. Hatten sie zuvor dem Transport von Produkten gedient, fanden sie so oftmals eine sekundäre Verwendung.⁶⁸ Mit 75 Brunnen, von denen die meisten als Fassbrunnen gearbeitet waren, beeindruckt noch immer besonders der Befund im frühkaiserzeitlichen Militärlager von Oberaden, wenngleich entsprechende Beobachtungen seit langem auch von vielen anderen Orten bekannt sind.⁶⁹

⁶³ Haser & Maise (2003).

⁶⁴ Im Überblick Meiggs (1982) 116-153.

⁶⁵ Zusammenfassend Parker (1992) und Jurišić (2000) ferner insbesondere die Publikationsreihen *Archaeonautica*, *Cahiers d'Archéologie Subaquatique*, *Bilan scientifique DRASSM* und *International Journal of Nautical Archaeology*.

⁶⁶ Stellvertretend Marlier (2008) und Carre & Roman (2008), zu den Fragestellungen beim Holz Guibal & Pomey (1998), Giachi u.a. (2000).

⁶⁷ Jauch (1997) exemplarisch zur Konstruktion einer hölzernen Kanalisation; instruktive Beispiele aus der Colonia Ulpia Traiana und Carnuntum bei Hübner (2008) und Konecny (2011) 242-246.

⁶⁸ Grundlegend zu Fässern in den Nordwestprovinzen Marlière (2002), im Ausblick auf das 1. Jt. n.Chr. Potthoff (2005), zuletzt Tamerl (2011).

⁶⁹ Oberaden: Galsterer (1992), Kühlborn (1990) 182, von Schnurbein (1975) 140; weitere Beispiele aus Vitudurum/Oberwinterthur: Clerici (1983); Castra Regina/Regensburg: Ulbert (1959); Mainz: Bauer (2002) 212-219; Saalburg: Bauer (2005); Xanten: Groeneveld (1993), Leih (2008) 460-464.

In Bergwerken diente Grubenbauholz zur Stabilisierung der unterirdischen Gänge und Abbauräume, in die Tiefe gelangte man über hölzerne Stiegen und Leitern.⁷⁰ Im landwirtschaftlichen Bereich bestanden Geräte zum Pflügen und Dreschen, Keltern oder Pressen zu großen Teilen aus Holz, ferner Pflöcke und Zäune.⁷¹ Werkzeugstiele waren ebenso aus Holz wie Türen, Fensterrahmen und -sprossen, Fensterläden, Mobiliar⁷², Geräte und Geschirr. In denen vergangenen Jahren sind mehr und mehr solcher Objekte vielerorts in den römischen Nordwestprovinzen identifiziert und vorgelegt worden. Dabei ergänzt die Vielfalt an hölzernen Behältnissen und Verschlüssen unser Bild der kaiserzeitlichen Alltagswelt, das ansonsten fast ausschließlich von den nahezu unvergänglichen keramischen Hinterlassenschaften geprägt ist. Instrumente und figurliche Schnitzwerke beleben die Vorstellung von Unterhaltung, Kunst und religiösen Handelns. Mit Kämmen und Schuhsohlen kommt man dem antiken Menschen schließlich bis auf die Haut nahe.⁷³

Die Bedeutung von Holz als Schreibstoff lässt sich nur annähernd erfassen.⁷⁴ In großer Zahl, Elizabeth Meyer beziffert sie mit mindestens 1.070 Exemplaren, sind *tabulae*/Holztäfelchen vor allem aus den Goldbergwerken von Alburnus maior/Goldbach in Dakien, den Vesuvstädten, dem Schutthügel des Legionslagers Vindonissa/Windisch und Ausgrabungen

⁷⁰ Im Überblick Buchholz (2004) 67-79. Besonders ausgeprägt sind entsprechende Beobachtungen zum bronzezeitlichen Salzbergbau in Hallstatt, dazu Kern u.a. (2008) 48-81, zur Holznutzung speziell Klein (2006).

⁷¹ Philologische und bildliche Quellen zu antiken Bauerngeräten diskutiert Christmann (1985).

⁷² Mols (1999), Ulrich (2007) 178-201 und 223-227. Meiggs (1982) 279-299 erörtert, welche Hölzer vor allem für den Bau von Möbeln verwendet wurden. Abbildungen von Möbelleisten und womöglich einem Fensterladen aus dem römischen Baden-Württemberg bei Nenninger (2005) 389-392.

⁷³ Die Literatur zu den genannten Bereichen und entsprechenden Funden ist in den vergangenen Jahren enorm gewachsen. Die folgenden Zitate liefern Beispiele für einzelne besonders fundreiche und in jüngerer Zeit gut vorgelegte Inventare. Köln: Tegmeier (2004), die römischen Hölzer aus der Kölner U-Bahn-Grabung werden gegenwärtig am Labor für Dendrobotanik des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität zu Köln bearbeitet; Saalburg: Baatz (1998); Augst: Riha (2001) Schoch (1989); Vindonissa/Windisch: Fellmann (2009); Oberwinterthur und Tasgetium/Eschenz: Jauch & Zollinger (2010), Brem & Leuzinger (2005), Hedinger & Leuzinger (2003), Fellmann (1991), Clerici (1983); Britannien und allgemeiner Überblick Pugsley (2003). Zu Holzgeräten im Textilhandwerk Gostenčnik (2011), zu Holzfundten/-votiven im Kontext von Quellen – Chamalière, Source de la Seine, Dambach – Dumontet & Romeuf (1980), Deyts (1983), Romeuf (1986), Czys (2008), Czys (2009), Czys (2010) 82-85. Die mit der Holzgewinnung und Verarbeitung beschäftigten Berufsgruppen hat zuletzt Herz (2011) zusammengestellt.

⁷⁴ Eck (1997), Eck (1998), Eck (2007).

seit den 1970er Jahren im britischen Vindolanda/Chesterholm bekannt. Sie enthalten vornehmlich Verträge, Quittungen und private Korrespondenzen.⁷⁵ Amtliche Bekanntmachungen oder Listen, wie sie temporär in den Archiven der Städte auf Holztafeln angeschrieben wurden, kennen wir über parallel oder später in anderem Material ausgeführte Dokumentationen. Das gilt beispielsweise für die *tabulae albi professionum quibus liberi nati sunt*, die Meldung neugeborener Kinder im Besitz römischen Bürgerrechtes vor dem Magistrat. Sie wurden in Rom am *Aerarium Saturni*, in den Provinzen am *tabularium publicum* des Statthalters auf Holztafeln angeschlagen und ebendort für eine gewisse Zeit aufbewahrt. Die dauerhafte, Platz sparende und handliche Dokumentation erfolgte in Form eines *kalendarium*.⁷⁶

Schließlich ist in militärischem Kontext an die Verwendung von Holz zur Fertigung von Schanzpfählen, Kampf- und Übungswaffen, von Schilden, Fußangeln oder Katapulten zu denken.⁷⁷ Die Legionen waren mit je 55 Pfeilgeschützen und 10 schweren Steinwerfern ausgerüstet. Anhand verschiedentlich gefundener Überreste, insbesondere der in die 1. Hälfte des 2.vorchristlichen Jahrhunderts datierenden Spannbuchsen und -bolzen aus Emporiae/Ampurias, werden in der Forschung Katapulte modellhaft rekonstruiert. Dietwulf Baatz schätzt das dafür nötige Holz auf jeweils 40–45 kg. Etwa die fünfzigfache Menge dürfte für den Bau eines *onager* notwendig gewesen sein, mit dem schwere Steinkugeln katapultiert wurden.⁷⁸

3. Brennholz

Der dritte und neben der Verwendung am Bau größte Anwendungsbereich von Holz ergab sich aus seiner Funktion als Heiz- und Brennmaterial. Kochen, Backen, Räuchern und das Beheizen von Wohn- und Baderäumen funktionierten mit dieser Energiequelle, ebenso die Verbrennung der Toten in der Brandbestattung. In gewerblicher Nutzung wurde Holz — teils auch in Form von Holzkohle — in großen Mengen

⁷⁵ Im Überblick Marichal (1992), jüngst Meyer (2004) 21-43, 125-215 zur Überlieferung in Italien und den Provinzen; einfürend zu Vindolanda/Chesterholm Thomas (1992), Bowman & Thomas (1983), Bowman & Thomas (1994), Tomlin (1998), Bowman & Thomas (2003) und die Online-Datenbank <http://vindolanda.csad.ox.ac.uk/>.

⁷⁶ Schulz (1942) 87-91, Meyer (2004) 24-36.

⁷⁷ Zur Versorgung des Heeres mit Waffen und Ausrüstung allgemein Herz (2010), zur Konstruktion und Entwicklung von Geschützen Schramm (1918), zu Schanzpfählen Städele (2002).

⁷⁸ Baatz (1966), Baatz (1980). Für die Abschätzungen des Holzbedarfs danke ich Dietwulf Baatz, Darmstadt.

zur Befuerung von Töpfer- und Glasöfen benötigt, ferner zum Kalkbrennen, zur Gewinnung und Verarbeitung von Metallen, zum Räuchern und Backen.

Experimentalarchäologische Studien, aus denen Anhaltspunkte für den Verbrauch von Brennholz zu gewinnen sind, finden bereits seit mehr als 50 Jahren insbesondere im Zusammenhang mit Heizversuchen in rekonstruierten römischen Thermen und vor dem Hintergrund theoretischer Berechnungen statt.⁷⁹ Bei der Durchsicht der betreffenden Studien ist festzuhalten, dass die Ergebnisse von einer Vielzahl Faktoren abhängen: insbesondere vom Volumen der Öfen, der Größe der zu beheizenden Räume, möglichen Fenstern, der Außentemperatur sowie den Eigenschaften des Brennholzes. In der Saalburg wurde im März 1976 bei -3°C Außentemperatur die Aufheizung eines 24 m^3 großen Raumes begonnen. Für den sechstägigen Versuch, bei dem die Raumtemperatur ab dem zweiten Tag konstant über 18°C lag, wurden insgesamt knapp 130 kg Holz — unklar bleibt, welcher Gattung — und zum Anheizen 7,5 kg Holzkohle verbraucht.⁸⁰

Im Vergleich dazu auf den ersten Blick hoch, unter Berücksichtigung der Raumgröße aber bescheiden, stellt sich der 1955 anhand von Berechnungen ermittelte Verbrauch von Brennholz für das Aufheizen und die Nutzung der Trierer Palastaula dar. Fritz Kretzschmer zielte mit seiner Kalkulation darauf, die Funktion ihrer Wandtubulierung zu klären. Es ging um die Frage, ob sie im Sinne einer Wandheizung verstanden werden kann. Seinen Rechnungen legte Kretzschmer eine Außentemperatur von 4°C und eine Ausgangs-Raumtemperatur von 15°C zugrunde. Für das Aufheizen nahm er eine Dauer von 48 h an, dabei würden 6,4 t Holz verbrannt. Kretzschmer rechnet dieses Volumen in Wagenladungen um, wobei er eine Fuhre mit knapp 500 kg kalkulierte. Für die dauerhafte Beheizung der Aula geht er von 6 Fuhren Holz pro Tag, also einem Verbrauch von annähernd 3 t aus. Bei dieser theoretischen Rechnung werden etwas höhere Temperaturen erzielt als bei dem wenige Jahre zuvor auf der Saalburg durchgeführten Heizversuch.⁸¹

An Kretzschmers Berechnungen für die Trierer Palastaula orientiert Peter Herz seine Überlegungen zur Beheizung der Caracallathermen in Rom. Ausgehend vom Gedanken, dass dort zusätzlich Holz für die

⁷⁹ Trier: Kretzschmer (1955); Saalburg: Kretzschmer (1953), Baatz (1979), Hüser (1979); Weißenburg: Grassmann (1994a), Grassmann (1994b), Usemann (1996) 9; Xanten: Rieche & Rook (1993), Rook (1994) 7, Reichel (1997), Reichel (2007); Überblicke auch bei Schiebold (2006) 81-93.

⁸⁰ Baatz (1979) 35-43.

⁸¹ Kretzschmer (1955), zum ersten Saalburg-Versuch Kretzschmer (1953).

Warmwasserbereitung kalkuliert werden muss, nimmt er einem täglichen Bedarf von 40-50 t Brennholz an.⁸² Meines Erachtens ist bei derartigen Überlegungen grundlegend zu diskutieren, inwieweit die Gegebenheiten eines trockenen Raumes in einem Wohngebäude mit der Situation in einer Badeanlage verglichen werden können.

Für die großen Thermen in Biriciana/Weißenburg hat Hans-Christian Grassmann monatsweise Wärmeberechnungen für Caldarium, zwei Tepidarien, Sudatorium und Apodyterium jeweils entsprechend einer vorbestimmten Solltemperatur durchgeführt. Auf dieser Grundlage kalkuliert er einen jährlichen Verbrauch an Heizmaterial von 250 rm Stamm- und Knüppelholz.⁸³ Im Weiteren ermittelt er dessen Gewicht, geht dafür von vorgetrocknetem Buchenholz aus, und schätzt ab, welche Waldfläche die Beheizung der Therme pro Jahr verschlang. Die Kalkulation zeigt die Tücken der Rechnungen: Bei der Volumenangabe müssen Festmeter und Raummeter vertauscht worden sein, nur so nämlich erklärt sich das bei Grassmann ausgewiesene Gewicht von 203,5 t.⁸⁴ Würden der Umrechnung tatsächlich die Einheit rm zugrunde liegen, wären nur 142 t Holz aufzubringen. Auch die Umrechnung des Holzvolumens in Waldfläche verdient Aufmerksamkeit. Nimmt Grassmann einen jährlichen Einschlag von 0,75 ha an⁸⁵, rechnet die Forstwirtschaft üblicherweise mit einem durchschnittlichen Vorrat von 200-250 fm/ha in einem durchforsteten Wald. Legt man der Rechnung diesen Wert zugrunde, ergibt sich für die Befuerung der Weißenburger Thermen ein Flächenbedarf von 1-1,25ha/Jahr. Die Bestockungsdichte, also die Zahl an Bäumen auf einer bestimmten Fläche, und der davon abhängige Ertragsvorrat sind selbst wiederum von Standort und Baumgattung beeinflusste Größen.⁸⁶

Weitere Quantitäten im Zusammenhang mit dem Betrieb antiker Bäder sind inschriftlich überliefert, in Interpretation und Verwertung jedoch nicht weniger problematisch als die experimentell gewonnenen

⁸² Herz (2001) 107-109 auf der Grundlage der Befundbeschreibungen von DeLaine (1997) 91-93.

⁸³ Grassmann (1994b) 311-316.

⁸⁴ Grassmann (1994b) 318 kalkuliert 1 rm Buche mit 567 kg, 1 fm mit 810 kg. Nach Gayer (1954) 65 hat ein 1 rm luftgetrockneter Rotbuche ein Gewicht von 530 kg.

⁸⁵ Grassmann (1994b) 319. Auch bei dieser Berechnung ist rm durch fm zu ersetzen.

⁸⁶ Becker u.a. (2005) 129. Sie stützen sich auf die Angaben in forstwirtschaftlichen Hilfs- oder Massetafeln zur Berechnung stehender Waldbestände, wie sie aus dem 19. und frühen 20. Jh. mehrfach bekannt sind, vgl. etwa Hoppus (1837), Grundner & Schwappach (1922), Gayer (1933). Die Angaben von 2.000-3.000 Hoppus feed/acre bei Hanson (1978) 298, lassen sich auf 178-267 fm/ha umrechnen, vgl. zu den Maßen Anm. 58. Assmann (1953) 92 Tabelle 6 gibt eine Ertragstafel für diverse Baumgattungen.

Größenordnungen: Im fortgeschrittenen 2. oder frühen 3. Jahrhundert stellte Titus Flavius Avitus, *vir egregius* und *patronus* der Koloniestadt Misenum/Miseno, 400 Wagenladungen Brennholz für die öffentlichen Thermen vor Ort zur Verfügung.⁸⁷ Die Stiftung galt *ad lavacrum*. Der explizite Hinweis lässt die Frage aufkommen, ob der Begriff synonym für die gesamte — zu beheizende — Anlage stand, ob er den mit Wasser und Baden verbundenen Teil beschrieb, oder aber ob zwischen der Sorge für das Badewasser und die Beheizung der Räume differenziert wurde. Unbeantwortet muss auch die Frage bleiben, ob 400 Wagenladungen Holz für den Badebetrieb knapp oder reichlich bemessen waren.

Aus Catania stammt eine Inschrift des 2. Viertels des 5. Jahrhunderts, in der der Wiederaufbau der Θερμαὶ Ἀχιλλιαναί und ein damit einhergehender verringerter Holzbedarf beschrieben wird.⁸⁸ Peter Herz interpretiert sie als Zeugnis spätantiker Holzknappheit und zwingender Sparmaßnahmen.⁸⁹ Gleichwohl ist auch denkbar, dass die Therme in ihrem erneuerten Zustand kleiner war als zuvor und womöglich durch entsprechende Veränderungen energieeffizienter arbeitete. Die singuläre und im Zuge baulicher Umgestaltung ein und desselben Gebäudes belegte Brennstoffreduzierung kann nicht als überzeugender Hinweis auf einen allgemeinen Holz-mangel gelten.

Kalkulationen zum Brennmaterial im Zusammenhang mit dem Betrieb keramischer Öfen wurden in den vergangenen 35 Jahren verschiedentlich auf der Grundlage von Nachbrennversuchen nach Originalbefunden angestellt.⁹⁰ Im Durchschnitt wird von einem Brennholzverbrauch von 1–1,5 fm Buche pro Brand eines Töpferofens mit einem Volumen von durchschnittlich 1 m³ ausgegangen. Mit der Annahme von 50-60 Bränden pro Saison benötigte man für den Betrieb eines Ofens 50-90 fm Holz pro Jahr. Alexander Heising kalkuliert vor diesem Hintergrund für die dreißig Jahre dauernde Produktion der Töpferei am Bettelpfad in Mainz-Weisenau eine Rodungsfläche von 12-30 ha.⁹¹ Rechnet man den Bedarf mit den oben genannten Daten von William Hanson, ergeben sich 5,6-15 ha und damit die Hälfte an benötigten Waldressourcen.⁹²

⁸⁷ *CIL* X 3678, vgl. dazu Nenninger (2001) 190 mit Anm. 1267.

⁸⁸ *IG* XIV 455, zuletzt und ausführlich zur Inschrift Korhonen (2003) 152-155 Nr. 11.

⁸⁹ Herz (2001) 109-110.

⁹⁰ Bryant (1978/79), Dušek (1992) 98-102, Dušek u.a. (1986) 38-69.

⁹¹ Heising (2007) 178-179.

⁹² Vgl. Anm. 86: Hanson nimmt einen durchschnittlichen Bestand von 2.000-3.000 Hoppus feed/acre an, das entspricht 178-267 fm/ha.

In der südgallischen Töpferei von Sallèles d’Aude, wenige Kilometer nordwestlich von Narbonne, wurden über drei Jahrhunderte hinweg Gebrauchskeramik, Amphoren und Ziegel produziert. Kurz vor der Mitte des 1. Jahrhunderts erreicht die Keramikproduktion ihren maximalen Ausstoß. Lucy Chabal kalkuliert für diese Zeit, in der sechs Öfen parallel betrieben wurden, einen Verbrauch von 1.900 m³ Brennholz pro Jahr. Knapp 150 Jahre später, als nur noch drei vergleichsweise kleine Öfen genutzt wurden, nimmt sie überschlägig noch ein Drittel des einstigen Brennstoffbedarfs an.⁹³

Im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit römischem Glas und der Fertigung von Repliken werden in jüngerer Zeit häufig archäologische Experimente durchgeführt. Im Frühsommer des Jahres 2005 errichteten die Glasmacher Mark Taylor und David Hill in ihrer Werkstatt im südeinglischen Quarley/Hampshire unter Verwendung originaler Baumaterialien zwei Glasöfen römischer Machart, die 2005 und 2006 über jeweils drei Wochen betrieben wurden. Ziel war es, genauere Vorstellungen von Ofenkonstruktion, Brennholzbedarf, Glasschmelze, Arbeitszyklen, optimaler Betriebstemperatur sowie Effizienz der Öfen zu entwickeln.⁹⁴ Für den insgesamt sechswöchigen Betrieb beider Öfen wurden mehr als 24 t Holz verfeuert. Hinter dem Wert stehen das Anfahren der Öfen, die Wiederinbetriebnahme eines Ofens nach einem kompletten Stillstand während zweier Tage, ferner über drei Wochen hinweg das allmorgendliche Wiederaufheizen des zweiten Ofens, nachdem über Nacht die Temperatur verringert worden war. Vor diesem Hintergrund gehen Taylor und Hill von einem Brennholzbedarf von ungefähr 40 t aus, wenn beide Öfen durchgängig über sechs Wochen betrieben würden.

Als Anschlussprojekt wurde 2008 im Auftrag des Provinzialen Archäologischen Museums im belgischen Velzeke ein römischer Glas- und Kühlöfen rekonstruiert. Im November führten auch dort die beiden englischen Glasmacher einen mehrtägigen Versuch durch, der detailliert protokolliert wurde. Auf eine zweitägige Anheizphase folgten vier Arbeitstage, an denen die Temperatur des Glasofens beständig über 1.000°C gehalten wurde. 1.050-1.070°C erwiesen sich als optimal zum Glasblasen oder auch das Ansetzen von Henkeln. Zum Heizen diente trockenes Birkenholz in Scheiten von etwa 1 m Länge, 0,2 m Durchmesser und 4 kg Gewicht. Während des Experimentes konnte ein durchschnittlicher Bedarf

⁹³ Chabal (2001) 102-106, zu Befund und Entwicklung der Töpferei Laubenheimer (2001) 11-24, illustrativ 19 fig. 5 für phase 3A und 23 fig. 9 für phase 5.

⁹⁴ “Quarley Furnace Project”, dazu Taylor & Hill (2008) und Paynter (2008).

von einer halben Tonne Birkenholz pro Tag für den Betrieb des Glasofens ermittelt werden.⁹⁵

Eine hohe Energiezufuhr war für die Gewinnung und Verarbeitung von Metallen erforderlich. Das gelang nicht mit Holz, sondern dazu war die Nutzung von Holzkohle notwendig. Diese entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Holz. Seine gezielte Verkohlung in Meilern liefert einen Bruchteil — Angaben schwanken zwischen einem Fünftel und mehr als einem Drittel — der Ausgangsmasse, dafür aber liegt ihr Heizwert deutlich über dem des Rohstoffs Holz.⁹⁶ In den nachgenannten Beispielen ist das errechnete oder experimentell bestimmte Volumen von Holzkohle entsprechend in Holzmengen umzurechnen.⁹⁷

Sind antiker Bergbau und Verhüttung seit langem intensiv diskutierte Themen, so interessierte die hierzu notwendige Brennstoffversorgung bis dato kaum. Erst seit den vergangenen zwei Jahrzehnten rückt auch hier die Frage nach dem Bedarf an Brennmaterial in den Vordergrund. Diese Entwicklung ist nicht zuletzt das Resultat einer Vielzahl experimentalarchäologischer Versuche. Frank Nikulka beziffert sie allein bis zum Jahr 1989 mit 300 bis 400, wovon etwa 230 in Publikationen dargestellt sind.⁹⁸ Ziel der Versuche ist stets, ein exakteres Bild des Ablaufs (prä-)historischer Metallgewinnung zu entwerfen. Ihre Vergleichbarkeit

⁹⁵ Das Experiment ist als "Velzeke Furnace Project 2008" beschrieben unter http://www.glasrepliken.de/p_glasofenexperiment_VFP2008.htm. Die quantifizierte Holzmenge berücksichtigt nicht das Brennmaterial, das für das Auf- und Beheizen des Kühlrofens auf konstant etwa 500-550°C nötig ist.

⁹⁶ Becker u.a. (2005) 124: 20-25%, nach Thommes (2000) 99 reduziert sich luftgetrocknetes Holz mit 11% Wassergehalt je nach Holzgattung. Versuchsverkohlungen ergaben 24 % für Laubharthölzer, 32% für Laubweichhölzer und 36 % für Nadelhölzer. Healey (1978) 151 nimmt den vierfachen Brennwert für Holzkohle gegenüber Holz an, ein Verhältnis von 2:1 weist Grammel (1989) 164 Abb. 43 aus. Eine erste umfassende Studie zu Produktion, Transport und Verbrauch von Holzkohle in einer Region, dem römischen Britannien, hat Travis (2008) vorgelegt.

⁹⁷ Am Rande sei auf Schwelprodukte wie Holzteere und -peche hingewiesen, die entstehen, wenn harzreiches Holz oder Birkenrinde unter Luftabschluss erhitzt werden. Beim sogenannten Doppeltopfverfahren lässt sich aus den verschwelen Holzmassen etwa im Umfang von 10% Teer gewinnen, vgl. vor dem Hintergrund literarischer Quellen wie technologischer Überlegungen Locher (1991) und Kurzweil & Todtenhaupt (1991). Entsprechende Befunde aus kaiserzeitlichen Produktionskontexten waren bis vor wenigen Jahren ausschließlich aus Frankreich, dem Languedoc und Aquitanien, bekannt: Loir (1940), Balsan (1951), Soutou (1959), Aufan & Thierry (1990). 1994 wurden Relikte von Teersiederei aus der Siedlung von Tasgetium/Eschenz am Bodensee bekannt gemacht, vgl. Jauch (1994). Aufgrund ihrer klebenden und konservierenden Eigenschaften fanden Teere und Peche hauptsächlich in der Präparation von Schiffen und der Heilkunde Anwendung. Zum Befund im Walheimer Handelshaus Körber-Grohne (1992).

⁹⁸ Nikulka (1995) 255.

aber ist nicht zuletzt aufgrund unterschiedlich gehandhabter Dokumentation, uneinheitlicher Terminologie und verschieden exakter Datenerfassung schwerlich gewährleistet.⁹⁹ Vor diesem Hintergrund ist es kaum verwunderlich, dass auch in den nachfolgenden Beispielen die errechneten oder experimentell ermittelten Werte für den Holzbedarf im Kontext von Eisenverhüttung nicht unerheblich voneinander abweichen.¹⁰⁰

Im Zuge der archäologischen Arbeiten im Vorfeld des Niederlausitzer Tagebaus wurde in den 1990er Jahren das größte spätgermanische Eisenverhüttungsareal in Deutschland systematisch ergraben.¹⁰¹ Beim südbrandenburgischen Wolkenberg konnten über 1.000 Rennöfen dokumentiert und interdisziplinär untersucht werden. Als zusätzliche Besonderheit des Befundes stellen sich die zahlreichen Meilergruben dar, in denen unmittelbar vor Ort die notwendige Holzkohle gewonnen wurde. Ihre Analyse zeigt, dass hierfür hauptsächlich Eichen-, und zu einem geringen Prozentsatz Kiefernholz Verwendung fand; selten sind Weide, Pappel und Buche. Am Fundplatz "Wolkenberg 17" bildeten 174 Rennöfen und 12 Meiler eine funktionale Einheit. In diesen konnten parallel 5,5 t Holzkohle produziert werden. Zu dieser Menge wurden die angetroffene Schlacke und ihr analysierter Erzgehalt in Beziehung gesetzt. Vor diesem Hintergrund errechnet Ines Spazier, dass in den 174 Öfen ausgehend von etwa derselben Menge Holzkohle und Raseneisenerz 1,7 t Eisenluppe gewonnen werden konnten. Die Inhomogenität der Wolkenberger Befunde macht eine Hochrechnung auf die Gesamtanlage schwierig. Spazier schlägt dennoch ein Modell vor, bei dem aus 32-35 t Holzkohle und Raseneisenerz 12-15 t Eisenluppe produziert wurden und gleichzeitig 15-20 t Schlacke anfielen.

Seit dem Jahr 2003 steht die Fundstelle Sendlach/Eisner im Kärntner Görtschitztal im Mittelpunkt interdisziplinärer Forschung. Es handelt sich um die wichtigste Produktionsstätte des *Ferrum Noricum* am Hüttenberger Erzberg; nach gegenwärtigem Kenntnisstand wurde es dort seit der 2. Hälfte des 1. Jahrhunderts v. Chr. über vier Jahrhunderte hinweg gewonnen. Die Fundstelle mit Eisenschmelzöfen sowie Wohn- und Verwaltungsgebäuden nimmt eine Fläche von 50.000 m² ein. Im Rahmen der Forschungsarbeiten fand im Sommer 2007 vor Ort ein Verhüttungsexpe-

⁹⁹ Nikulka (1995) 259-262 sowie 302-306 Tabelle I-VI die Zusammenstellung quantitativ erfassbarer Daten.

¹⁰⁰ Zusätzlich kann hingewiesen werden auf Collin & Wetzel (2004) 77 Tabelle 1, wo für das 17. Jh. für Holzkohle und Roheisen ein Verhältnis von 3 oder 4 zu 1 angegeben ist.

¹⁰¹ Zum folgenden Spazier (2000).

riment statt. Ein aus lokalem Lehm errichteter Schachtofen wurde über zwei Wochen hinweg in mehreren Bränden mit Hartholz ausgeheizt. Das eigentliche Experiment dauerte zwölf Stunden. Der Ofen wurde dazu morgens mit 0,25 m³ Holz vorgeheizt. Für den eigentlichen Rennprozeß fand Holzkohle Verwendung. 30 kg waren notwendig, um 16 kg Erz auf eine 4 kg schwere Eisenluppe zu reduzieren.¹⁰²

Außer als Brennmaterial in der Metallgewinnung war Holz für die Produktion von Branntkalk unentbehrlich. Aus der Umgebung von Bad Münstereifel/Kreis Euskirchen sind in der so genannten Sötenicher Kalkmulde seit langem Hinweise auf eine umfangreiche Produktion von Kalk während der römischen Kaiserzeit bekannt.¹⁰³ Bisher ohne Parallele ist der in den 1960er Jahren aufgedeckte Befund einer Kalkbrennerei in Bad Münstereifel-Iversheim. Weiheinschriften legen nahe, dass die Anlage insbesondere im 2. und 3. Jahrhundert von militärischen Abordnungen der bei Xanten stationierten *Legio XXX Ulpia Victrix* betrieben wurde. Zu diesem archäologisch-epigraphischen Befund passt, dass in Mörtelproben aus Xanten neben einer Reihe anderer auch das geochemische Profil des Iversheimer Kalks nachgewiesen werden konnte.¹⁰⁴ Die Anlage war am Fuße von Dolomittfelsbrüchen errichtet und nach Analyse der Holzkohlerückstände mit Pappel- und Weidenholz unterhalten worden, das entlang der nahe fließenden Erft wuchs. Einer der Öfen war in römischer Zeit nicht mehr geleert worden. Speziell die Untersuchung seiner Füllung ergab Hinweise für Beschickung und Ertrag der Kalkbrennerei und erlaubte letztlich die Rekonstruktion eines Ofens und seinen experimentellen Betrieb. Ein Brennvorgang inklusive Beschickung, Abkühlung und Leerung dauerte sechs bis sieben Tage. Bei abwechselnder Nutzung der Öfen konnten in der Anlage im Schnitt pro Tag 3 t Dolomit verarbeitet werden, wofür man 42 m³ Brennmaterial benötigte; im Monat ließen sich auf diese Weise 200 t Kalk gewinnen.¹⁰⁵

In den ersten beiden nachchristlichen Jahrhunderten war die Brandbestattung die vorherrschende Bestattungsform in den römischen Nordwestprovinzen.¹⁰⁶ Im Jahr 2005 erschien eine umfangreiche Studie, die kaiserzeitliche Scheiterhaufenbrände in den Mittelpunkt interdisziplinär-experimenteller

¹⁰² Nau u.a. (2008). Zu den archäologischen Arbeiten und Fragestellung Cech (2008a).

¹⁰³ Vgl. die Zusammenstellung bei Rothenhöfer (2005) 110-115.

¹⁰⁴ Alföldy (1968), Wang (1995) 90-91. Für das Zitat danke ich Peter Kienzle, Xanten.

¹⁰⁵ Sölter (1974), Sölter (1987), Sölter (2005), zuletzt Schwedt (2008) 174.

¹⁰⁶ Zu aktuellen Diskussionen zur Sitte von Körper- und Brandbestattung in verschiedenen Teilen des *imperium Romanum* vgl. die Beiträge in Faber u.a. (2007) sowie Schrupf (2006) 70-77.

Untersuchungen stellte. In einer Versuchsreihe von vier Kremationen wurden Fragen zum Scheiterhaufen, dem Leichenbrand, dem Inventar und dem archäologischen Befund nachgegangen.¹⁰⁷ Für die hier verfolgten Gedanken interessieren neben den Beobachtungen zum Holzverbrauch — die vier Kremationen wurden mit je zwischen 2,8 und 3,5 m vornehmlich Eiche und Rotbuche durchgeführt — insbesondere die allgemeinen Bemerkungen zum Heizwert von Gehölzen sowie den Faktoren, die den Verlauf der Einäscherung bestimmen.¹⁰⁸ Mathias Becker und seine Kollegen weisen darauf hin, dass die Heizeffizienz von Holz maßgeblich von seinem Wassergehalt sowie der Holzgattung und damit der Materialdichte abhängen. Für den Ablauf des Scheiterhaufenbrandes selbst sind Einflussgrößen wie das aktuelle Wetter, die Sauerstoffzufuhr, die Stapelung und Durchmischung des Brenngutes sowie letztlich die Masse und stoffliche Zusammensetzung des Leichnams ausschlaggebend.¹⁰⁹

METHODISCHES ZWISCHENFAZIT

Die Beispiele zur antiken Nutzung von Holz als Baumaterial, Nutzholz und Brennstoff ließen sich in jedem Einzelfall sehr viel detaillierter darstellen, durch zahlreiche weitere Exempla vermehren, und sicher wurden eine Reihe von Nutzungsmöglichkeiten für Holz übersehen.¹¹⁰ Der Beitrag zielt jedoch nicht auf eine umfassende Zusammenstellung von Kontexten und Funden, die mit Holz in Verbindung zu bringen sind. Vielmehr geht es im Blick auf die Ausgangsüberlegung um die Frage, inwieweit anhand der Beispiele ein Ressourcenbedarf für eine ganze Region abgeschätzt werden kann. Bevor im Folgenden das römische Rheinland in den Mittelpunkt rückt, sollen zusammenfassend einige methodische und generelle Beobachtungen formuliert werden, die an verschiedenen Stellen bereits angedeutet, dort aber nicht weiter ausgeführt wurden.

¹⁰⁷ Becker u.a. (2005) 61, 86-89 zu den Fragestellungen.

¹⁰⁸ Becker u.a. (2005) 125-129, zum Ablauf eines Scheiterhaufenbrandes vgl. auch Schrupf (2006) 77-88.

¹⁰⁹ Becker u.a. (2005) 129-130 mit einer Erörterung anhand der für die Versuche verwendeten Schweinekadaver.

¹¹⁰ Zahlreiche Beispiele aus vor- und frühgeschichtlichen Kontexten listen Andraschko (1993) und Gleitsmann (1980) 108-116 auf. Einen sehr überblicksartigen Beitrag zur Abschätzung des Holzverbrauchs im Mittelmeerraum der klassischen, griechisch-römischen Zeit verdankt die Forschung jetzt Stangl (2011).

Primär muss Um- und Hochrechnungen von Holzaufwendungen ein einheitliches Maß zugrunde liegen. So simpel die Feststellung ist, so wenig einheitlich ist der Befund in der Forschungsliteratur. Angaben werden in Raummeter, Schüttraummeter, Festmeter, Kubikmeter, Kubikfüßen oder Kilogramm gemacht, auch Wagenfahren dienen als Quantifizierungseinheit. Dass das Umrechnen von einer in die andere Einheit bisweilen nur annäherungsweise gelingt respektive nicht immer fehlerfrei verläuft, ist in verschiedenen Fällen offenkundig geworden.

Dazu kommen Faktoren, die insbesondere im Blick auf die Kalkulation und Beurteilung von Brennholz von Bedeutung sind: Nur selten wird erläutert, ob Berechnungen anhand von frisch geschlagenem oder getrocknetem Holz erstellt wurden. Dieser Faktor aber hat maßgeblichen Einfluss zum einen auf das Gewicht, zum anderen auf den Heizwert von Holz. Waldfrische und abgelagerte Hölzer unterscheiden sich in ihrem Gewicht um nahezu 50%. Interessiert der Heizwert von Hölzern und ist seine Bemessungsgrundlage eine Gewichtsangabe, differiert er je nach Feuchtegehalt. Ist dagegen das Holzvolumen die zugrunde liegende Größe, ist getrocknetes Holz, sofern von gestapeltem Holz in Raummeter ausgegangen wird, nur um einen geringen Faktor ergiebiger. Noch komplizierter wird es, wenn von lose geschüttetem Holz die Rede ist. Bedingt durch die großen Hohlräume erreicht der Heizwert eines Schüttraummeters Holz nur ein Drittel bis die Hälfte des Wertes eines Raummeters.¹¹¹

Außer vom Wassergehalt und der Lagerung hängt der Heizwert von Holz entscheidend von der jeweiligen Gattung ab. Eiche und Buche besitzen den höchsten relativen Heizwert, während im Vergleich beispielsweise die Pappel nur einen halb so hohen Wert erreicht (100:52).¹¹² Allgemein von 'Holz' zu sprechen, wenn es um die Frage nach Brennholzverbrauch geht, ist folglich denkbar unpräzise.

Ähnliches gilt, wenn man sich Gedanken macht, wie Volumina, Gewichte und Längenmaße von Holzstücken in Baumstämme und Waldfläche rückgerechnet werden. Forstwirtschaftliche Hilfs- oder Massetafeln liefern dazu die notwendigen Anhaltspunkte.¹¹³ Gleichzeitig machen sie deutlich, dass noch zusätzliche Faktoren berücksichtigt werden müssen: zum einen das Alter und Wachstum der Bäume, zum anderen die

¹¹¹ Becker u.a. (2005) 125, Sell & Schnell (1988).

¹¹² Becker u.a. (2005) 127 Tabelle 28. Gleichwohl wurde die Bad Münstereifeler Kalkbrennerei vornehmlich mit Pappelholz betrieben, vgl. dazu die Literatur in Anm. 105. Entsprechende Faktoren explizit im Blick auf die Lärche trägt Absmeier (2011) zusammen.

¹¹³ Vgl. Anm. 86.

Bestockungsdichte, die Baumzahl auf einer bestimmten Fläche. Diese hängt selbst wiederum von den Standortbedingungen — also Boden und Relief, Licht, Temperatur, Wind und Niederschlag — sowie der Baumgattung ab. Außerdem ist die Frage zu berücksichtigen, ob sich der Bestand natürlich entwickelt und damit eine maximale Dichte erreichen kann, oder aber gezielt durchforstet wird.¹¹⁴ Entsprechende Vorsicht vor generalisierenden Aussagen ist geboten, wenn es schließlich darum geht, einen Holzvorrat zu beziffern, da hier die Ergebnisse entsprechend differieren.

Fragt man, inwieweit in der Antike Maßnahmen der Bestandspflege, also der Durchforstung aus wirtschaftlichen Interessen, bekannt waren beziehungsweise in den Quellen zu fassen sind, zeichnet sich im Blick auf die jüngste Forschungsliteratur ein interessantes Phänomen ab: In aktuellen archäologisch-historischen Arbeiten nämlich spielt die Überlegung, wie mit stehenden Waldbeständen dauerhaft effektiv umgegangen wurde, fast keine Rolle. Stattdessen stehen die Stichworte ‘Rodungsverbote’ und ‘Aufforstung’ im Vordergrund.¹¹⁵ Sie machen deutlich, wie stark die Sicht auf antike Verhältnisse von aktuell drängenden Fragen beeinflusst sein kann: Rodungsverbote und Aufforstung markieren jeweils die äußersten Punkte, wenn man sich die Maßnahmen des Waldbetriebs als Skala vorstellt. Beide Fälle setzen eine tatsächlich gegebene respektive empfundene Ressourcen-Knappheit voraus — Aspekte, die heutige Diskussionen um Waldbestände dominieren. Die papyrologische Überlieferung zur Baumkultur in Ägypten bestätigt dieses Bild: Aufforstung, Bestandskontrolle und Abholzungsverbote bestimmen die Nachrichten seit ptolemäischer Zeit.¹¹⁶ Dazu aber kommen Informationen, die eine auf Nachhaltigkeit zielende Praxis nahe legen. Mit Beschreibungen zu Wurzelstock-, Astholz- und Kopfholzbetrieb, dem Abschneiden von Ästen oder Stamm unmittelbar über dem Erdboden oder in bestimmter Höhe, damit der Baum neu austreibt, sind Formen der Niederwaldwirtschaft ebenso in den literarischen Quellen fassbar wie Ansätze des Plenterbetriebs, bei dem einzelne Bäume gezielt gefällt werden, um einen permanenten Hochwald zu garantieren.¹¹⁷

¹¹⁴ Assmann (1953).

¹¹⁵ Vgl. zum Beispiel Nenninger (2001) 61-73, Herz (2001) 110-111.

¹¹⁶ Kramer (1995).

¹¹⁷ Vgl. die Zusammenstellung der Quellen bei Seidensticker (1886b) 385-395 sowie Trubrig (1888) 20-29. Zur Niederwaldwirtschaft Röhrig u.a. (2007) 339-345, Burschel & Huss (1997) 181-189, Verbücheln & Schneider (1990) 298-302, zur Geschichte des Plenterwaldes Dannecker (1929). Überlegungen zur (prä-)historischen Waldnutzung und gezielten Aufflichtung verfolgt auch Goldmann (1993) 73-76.

Fragen der Waldwirtschaft in (prä-)historischen Kontexten stehen seit geraumer Zeit im Mittelpunkt archäobotanischer und insbesondere -palynologischer Studien. Anhand qualitativer Nachweise und quantitativer Auszählungen von Pollen in Profilen luftabgeschlossener Sedimente ist es möglich, zeitdifferenziert ein Bild der Vegetation respektive des menschlichen Einflusses auf diese innerhalb von Kleinräumen zu entwerfen. So führt etwa eine dauerhafte Niederwaldwirtschaft mit relativ kurzen Umtriebszeiten, also Abholzung in vergleichsweise kurzen Zeitabständen, zu einem Zurückdrängen bestimmter Hölzer, während andere dem Betrieb nahezu unbegrenzt gewachsen sind und sich entsprechend ausbreiten können. Nur in sehr geringem Maße vermag die Buche erneut aus dem Stock auszuschlagen, insbesondere wenn sie häufiger als alle 30 Jahre abgetrieben wird. An ihre Stelle treten in Pollenprofilen dann vor allem Nachweise von Eiche und Hainbuche. Die Auflichtung führt gleichzeitig zur Verbreitung Licht liebender und regenerationsfreudiger Gehölze wie der Hasel.¹¹⁸

Angela Kreuz hat in ihrer breit angelegten archäobotanischen Studie zu Hessen und Mainfranken in den Jahrhunderten um Christ Geburt auch auf die methodischen Schwierigkeiten bei der Auswertung von Pollenprofilen hingewiesen. Sie stellt beispielsweise die Frage, inwieweit Niederwaldbetrieb mit kurzen Umtriebszeiten, bei dem die Bewaldung jedoch stets gleich bleibt, einen generell geringeren Baumpollenniederschlag mit sich bringt. Der quantitative Rückgang von Nachweisen könnte damit einerseits tatsächlich auf eine geringere Zahl an Bäumen hinweisen, andererseits aber auch lediglich die Art der Waldbewirtschaftung widerspiegeln.¹¹⁹

Von derartigen Detailfragen abgesehen, spricht die altertumskundliche wie naturwissenschaftliche Quellenlage jedoch deutlich dafür, dass zwischen Rodung und Aufforstung auch im *imperium Romanum* eine Reihe von Maßnahmen lag.¹²⁰ Für die Überlegung, wie in unterschiedlichsten archäologischen Kontexten gefundenes Holz in Baumstämme und Waldflä-

¹¹⁸ Vgl. Ellenberg & Leuschner (2010) 41-42, Burschel & Huss (1997) 181-182 mit Tab. 6.18, einer Liste zur Fähigkeit von Laubbäumen, aus dem Stock wieder auszuschlagen. Ferner für antike Kontexte Küster (1993) 61, Willerding (1993) 41. Für Beispiele und den Vergleich von Pollenprofilen aus den germanischen Provinzen Bunnik u.a. (1995) 180-181 die Zusammenfassung für die römische Kaiserzeit, Becker (2005) 158-179 mit der Landschaftsrekonstruktion des Elsachtals oder Singer (2005) 85-89 für das nördliche Hessische Ried, hier mit dem Befund der Buchenregeneration nach der Aufgabe des Limes. Ähnliche Beobachtungen referiert Kreuz (2004) 202.

¹¹⁹ Kreuz (2004) 206, 198-218 ihre Ausführungen zur Holznutzung.

¹²⁰ Vgl. so nun auch jüngst die Quellenbetrachtung bei Visser (2010) 13-19 zu Maßnahmen antiker Forstwirtschaft.

che rückgerechnet werden kann, ist auch diese Beobachtung von Bedeutung. Die kalkulierten Zahlen können nicht mehr sein als ein abstrakter Anhaltswert. Die Vorstellung, dass eine bestimmte Bestandsfläche für eine Maßnahme verbraucht wird, macht gedanklich aus einem zunächst dicht bestandenen Wald einen vollständigen und dauerhaften Kahlschlag. Undiskutiert aber bleibt dabei zum einen die Möglichkeit, dass ein Holzbedarf aus einer viel größeren Fläche selektiv geschlagen worden sein kann, zum anderen, dass ein abgeholzter Vorrat neu austreibt und je nach Gehölz in unterschiedlich rascher Folge als nachwachsende Ressource erneut zur Verfügung steht.

Noch ein weiterer Gedanke ist zu berücksichtigen, nämlich die Frage, wie effizient ein Stamm genutzt werden konnte. Bei allen Berechnungen sieht man heute einen nach Bedarf fertig zugeschnittenen Holzstapel vor sich und verbindet diesen mit einer optimalen Nutzung des Baumes. Das setzt Großsägen mit hoher Schnittgenauigkeit ähnlich der modernen Gattersäge voraus. Über den Nachweis entsprechender Maschinen in der Antike diskutiert die Forschung intensiv erst seit kurzer Zeit. Sie stützt sich einerseits auf die Darstellung am Sarkophag des M. Aurelius Ammianus in Hierapolis/Pamukkale, der in die 2. Hälfte des 3. Jahrhunderts datiert wird, sowie auf Befunde des 6. nachchristlichen Jahrhunderts aus Gerasa und Ephesos, die Spuren der Verwendung einer Steinsäge zeigen.¹²¹ Andererseits zieht sie literarische Erwähnungen wassergetriebener Marmorsägen bei Ausonius und Gregor von Nyssa aus dem späten 4. Jahrhundert heran.¹²² Während sie einen Einsatz entsprechender Geräte in weiten Teilen des *imperium Romanum* nahe legen, bleibt zu erörtern, inwieweit ein solcher bereits für die frühe und mittlere Kaiserzeit sowie in der Anwendung auf Holz anzunehmen ist — insbesondere angesichts der regelmäßigen Beobachtung von Beilspuren an Kanthölzern in größeren baulichen Konstruktionen.¹²³ Das Zurichten eines Stammes mit Beil und Dechsel bedeutet, dass entsprechend viel Kleinholz anfällt, das, anders als bei einem Sägevorgang, nicht ausreicht, um daraus weitere konstruktive Elemente herzustellen. Zwar eignet sich dieser Abfall noch als Brennmaterial, der Bedarf an Stämmen gerade für die Nutzung als Bauholz aber ist vor diesem Hintergrund höher anzusetzen als in Berechnungen, die von einer optimalen Verwertung ausgehen.

¹²¹ Jüngst dazu Grewe (2009), Mangartz (2010).

¹²² Vgl. dazu Wilson (2002) 15-16, Kessener (2010).

¹²³ Auf entsprechende Beobachtungen in Xanten, London, Alphen aan den Rijn und Valkenburg wies mich dankenswerterweise Peter Kienzle, Xanten, hin.

Schließlich noch ein Gedanke zur Bewertung experimenteller Ansätze: Rekonstruktionen und praktische Versuche sind eine große Hilfe, sich antiken Lebensverhältnissen zu nähern, eine Vorstellung von Abläufen und Praktikabilitäten zu entwickeln.¹²⁴ Experimente mit wissenschaftlicher Zielsetzung sind vielfach aufwendig und werden daher zu ein und demselben Sachverhalt nur in beschränkter Zahl durchgeführt. In diesen Fällen sind Beobachtungen und Ergebnisse ohne Parallelen — und damit letztlich nicht kritisch bewertbar. Sind dagegen Versuche vergleichsweise einfach reproduzierbar, wie bei der Eisenverhüttung in einem Lehm-Rennofen, stehen Vergleichsdaten zur Verfügung. Die skizzierten Arbeiten zur Eisengewinnung, an die sich nach der Studie von Frank Nikulka mehrere hundert Beispiele anschließen ließen¹²⁵, zeigen, dass sich die an verschiedenen Orten durchgeführten Experimente in ihren Resultaten keineswegs entsprechen.¹²⁶ Die Bewertung des Einzelexperiments bedarf folglich großer Aufmerksamkeit, insbesondere wenn es auf übergeordneter Ebene Grundlage für weitere quantitative Überlegungen ist.

HOLZBEDARF IM RÖMISCHEN RHEINLAND

Die angerissenen Aspekte von Umrechnungen, Holzbeschaffenheit, Waldbeständen und Holzverarbeitung sind in experimentellen Versuchsanordnungen gut beschreibbar, in Hinblick auf antike Befunde aber nicht ohne weiteres abzuschätzen. Vor diesem Hintergrund geht es im Folgenden um die zentrale Frage, inwieweit ein Holzbedarf, wie er in den hier exemplarisch zusammengetragenen Kontexten rekonstruiert wurde, auf die Situation im kaiserzeitlichen Rheinland übertragen werden kann.

Überlegt man als erstes, wie viel Bauholz in militärischen Zusammenhängen benötigt wurde, ist die Ausgangslage für eine Hochrechnung vergleichsweise gut. Einerseits ist im Blick auf die kaiserzeitlichen Truppen von stark standardisierten Größenordnungen auszugehen. Andererseits stehen anhand von Befunden in Britannien erste detaillierte Berechnungen zum Materialbedarf bei der Errichtung eines Auxiliar- beziehungsweise Legionslagers zur

¹²⁴ Stellvertretend zu Bilanzen und Perspektiven experimentalarchäologischer Arbeiten *Archéologie Expérimentale* 1 (1991), *Archéologie Expérimentale* 2 (1991), Fansa (2000) sowie Rieche & Schneider (2002).

¹²⁵ Nikulka (1995).

¹²⁶ Ähnlich Dörfler (1995) 177 zum Verhältnis von Erz zu Schlacke in den bekannten Verhüttungsexperimenten.

Verfügung. Auf ihrer Grundlage ist für die Legionslager in Bonn und Xanten mit Größen von 30 und 60 ha ein Gesamtvolumen von über 70.000 m³ Bauholz zu kalkulieren. Für den Bau der 18 Auxiliarkastelle in der Region war ein Minimum von 11.000 m³ erforderlich. Die Limespalisade verbrauchte im betreffenden Bereich mindestens knapp 40.000 m³ Holz.

In urbanen Kontexten liegt dem Versuch, Bauholzmengen abzuschätzen, die eingangs skizzierte mehrschrittige Annahme zugrunde, dass 50-60 % einer Siedlungsflächen überbaut waren, pro Hektar 14 Häuser standen und für ein zweigeschossiges Haus mit Schuppen mit zusammen 236 m² Grundfläche 263 m³ Bau- und Dielenholz benötigt wurden. Wendet man diese Kalkulation auf die Flächendaten für Köln, Xanten, Trier sowie 21 in der Studie von Wendt und Zimmermann berücksichtigte Vici an, lässt sich ein Holzbedarf von 1.400.000-1.700.000 m³ errechnen.¹²⁷

Wendt und Zimmermann gehen für das römische Rheinland im 2. Jahrhundert von knapp 4.000 *villae rusticae* aus.¹²⁸ Bisher galt vor allem den Ausmaßen ihrer Hof- und Wirtschaftsfläche sowie der Zahl der dort lebenden respektive beschäftigten Personen Aufmerksamkeit.¹²⁹ Für die Frage nach dem Bauholzbedarf ist der Blick dagegen auf Größe, Bauform und Ausstattung der Wohn- und Wirtschaftsgebäude zu richten. Zuletzt hat Hans Ulrich Nuber darauf hingewiesen, wie sehr sich die bisher bekannten Gehöfte in genau diesen Punkten voneinander unterscheiden.¹³⁰ Vor einer Reihe von Jahren habe ich in anderem Zusammenhang die Größe von Villen-Hauptgebäuden für das Gebiet von Rheinland-Pfalz zusammengestellt. Die knapp zwei Dutzend Befunde differieren flächenmäßig um mehr als das Zehnfache.¹³¹ Eine vergleichbare Beobachtung formuliert Peter Rothenhöfer im Blick auf die Größe

¹²⁷ Wendt (2008) 209 Tab. 5 die Flächendaten für die 21 Vici. Aus Wendt (2008) 206 Tab. 4 erschliesst sich die betreffende Zahl für Xanten. Er geht zurück auf Bossart u.a. (2006) 76 Tab. 1, wo auch die Hektar-Angaben für Köln und Trier zu finden sind. Insgesamt addieren die Flächenangaben auf 767 ha, 50-60 % davon entsprechen 383,5-460,2 ha. Auf diese ist der Holzbedarf von 263 m³/238 m² umgerechnet.

¹²⁸ Wendt (2008) 204 Tab. 3.

¹²⁹ Vgl. etwa Gaitzsch (1986) 405-427 zu den Gehöften im Hambacher Forst.

¹³⁰ Nuber (2005) 273-275 vor dem Hintergrund der Villen in Baden-Württemberg. Ähnlich Kunow (1994) 163 für die Güter im südlichen Niedergermanien auf der Grundlage von 14 Daten oder Traxler (2004) 179-185 im Blick auf die Gehöfte im römischen Oberösterreich.

¹³¹ Die Liste entstand im Rahmen der Beschäftigung mit der Peristylvilla in Bad Kreuznach, vgl. Ehlig (2005). Ermittelt wurden dabei folgende Größen: Boos 340 m², Brücken 448 m², Winnigen 600 m², Leiwien 620 m², Newel 648 m², Bollendorf 672 m², Irsch 805 m², Horath 912 m², Warmsroth-Walderbach 912 m², Briedel 1.092 m², Meckel 1.050 m², Bad Neuenahr-Ahrweiler/Tiefbachtal 1.147 m², Bad Dürkheim-Ungstein/Weilberg 1.290 m², Weitersbach 1.376 m², Mehring 1.400 m², Fließem 1.600 m², Bingen-

der Hofareale, die um das Dreifache variieren können.¹³² Notwendig wäre eine vergleichende Studie zur Größe von Wohn- und Wirtschaftsgebäuden verbunden mit der Untersuchung, ob sie in einem bestimmten Verhältnis zur Hof- und Nutzfläche stehen.¹³³ Setzt man, die methodische Problematik vor Augen, den Holzbedarf der Villen im Rheinland einmal nur in einer Größenordnung an, wie er für die Wohneinheiten in den geschlossenen Siedlungen kalkuliert ist, kommt man auf eine Zahl von schätzungsweise 1.000.000 m³.

Der geländebedingte Einsatz von Holz in Baufundamentierungen oder infrastrukturellen Maßnahmen wie der Anlage von Häfen und Prügelwegen bietet keine Ansatzpunkte für übertragbare Hochrechnungen. Hier können lediglich Einzelbeobachtungen dokumentiert werden.

Ähnliches gilt für den Bereich des Nutzholzes, wo kaum Indizien für standardisierte, häufige Verwendungen, beispielsweise den Umfang von hölzernen Geschirrinventaren in Haushalten oder die Ausstattung mit Gerätschaften im ländlichen Kontext, vorliegen. Allein für militärische Kontexte sind normierte Größenordnungen zu beziffern, beispielsweise im Zusammenhang mit der Ausstattung der Legionen mit schweren Waffen. Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass Katapulte jeweils erst und stets neu am Stationierungsort einer Legion hergestellt wurden. Hinweise auf die Langlebigkeit der Waffen nämlich gibt die Inschrift auf dem Bronzeblech eines Pfeilgeschützes, das im Jahr 69 n.Chr. vor Cremona verloren ging. Sie wurde nach ihrer konsuldatierten Inschrift im Jahr 45 n.Chr. von der *Legio IV Macedonica* in den Legionswerkstätten von Mogontiacum/Mainz gebaut.¹³⁴ Zum Zeitpunkt der Schlacht um die Nachfolge Neros war das Geschütz bereits 24 Jahre im Dienst und wäre es unter günstigen Umständen vermutlich noch länger gewesen. Die Legionen in Bonn und Xanten, für deren Scherfbewaffung zirka 225-250 t Holz erforderlich waren, werden und müssen damit nicht erst im Rheinland unter Verwendung dortiger Holzressourcen ausgestattet worden sein.

Im Blick auf die Möglichkeit, Holz in seiner Verwendung als Brennmaterial für eine Region hochzurechnen, ergeben sich beim gegenwärtigen

Kempten 1.656 m², Bad Neuenahr-Ahrweiler/Silberberg 1.825 m², Konz 3.192 m², Oberweis 3.750 m², Wittlich 3.920 m², Nennig 4.200 m², Bad Kreuznach 5.600 m².

¹³² Rothenhöfer (2005) 47.

¹³³ Vgl. ähnlich bei Lenz (1999) 815 die Annahme, dass die Größe eines Hauptgebäudes im Verhältnis zur Gesamtgröße der Villa steht. Lenz unterscheidet drei Größengruppen: 1. Hauptgebäude mit einer Länge von bis zu 30 m, 2. solche mit 30–50 m und 3. Bauten von mehr als 50 m Länge.

¹³⁴ *ILS* 2283, zum Katapult Baatz (1980).

Forschungsstand ebenfalls mehr Fragen, als dass tragfähige Resultate ausgewiesen werden könnten. Will man beispielsweise den Holzbedarf in den Thermen des römischen Rheinlandes kalkulieren, ist vorab zu klären, welche Zahl gleichzeitig betrieben wurde, welche Größe und Raumfunktionen die einzelnen Anlagen hatten, ob sie rund um die Uhr und das Jahr betrieben wurden, oder, wie bei Privatbädern anzunehmen, ob mit einer dauerhaften Minimalbeheizung zu rechnen ist, um das Anfahren bei Bedarf zu erleichtern.¹³⁵

Die Frage nach Dauer und Verlauf der Brennvorgänge stellt auch für die Einschätzung des Holzbedarfs bei der Produktion von Keramik, Glas oder Kalk einen maßgeblichen Aspekt dar. Dieser hängt, wie mehrfach betont, entscheidend von der Gattung des verwendeten Holzes und seinem Trocknungsgrad ab. Grundlegende Voraussetzung für die Abschätzung benötigten Brennholzes ist auch hier die zeitliche Einordnung und Differenzierung der jeweiligen Strukturen. Für die 85 Fundstellen, die in Mainz Hinweise auf eine keramische Produktion liefern, konnte Alexander Heising in einer detaillierten Befund- und Fundanalyse zeigen, dass vor Ort jeweils zwischen zwei und 16 Werkstätten in einer Spanne von 40-50 Jahren gleichzeitig arbeiteten.¹³⁶ Entsprechende (Vor-)Arbeiten sind für alle energieintensiven Gewerbe eines Untersuchungsraums notwendig, um aus archäologischer Sicht die notwendigen, begründeten Anhaltspunkte für Quantifizierungen bereitzustellen.

Aus dem Gebiet des römischen Rheinlandes liegen zahlreiche Hinweise auf Gewinnung und Verarbeitung von Metallerzen vor.¹³⁷ Häufig aber handelt es sich dabei um Oberflächenfunde von Schlacken oder ausschnittsweise in kleinen Sondagen aufgedeckte Verhüttungsplätze. Sie sind aus archäologischer Sicht selten zeitlich wie in ihrem Umfang exakter einzuordnen. Auch für diesen Produktionszweig fehlen die Grundlagen, nachvollziehbar einen erforderlichen Holzbedarf zu ermitteln.

Abgesehen von der Frage nach der jeweils vorherrschenden Bestattungssitte¹³⁸ spielt die Mortalität, die Sterberate pro Jahr, schließlich die Schlüsselrolle, wenn man bewerten will, wie viel Holz für die Verbrennung der Toten im kaiserzeitlichen Rheinland zur Verfügung stehen

¹³⁵ Im Überblick zu den Badeanlagen in der *Germania inferior* Dodt (2003) 114-327.

¹³⁶ Heising (2007) 227-242. Vgl. auch die Entwicklung der Töpferei von Sallèles d'Aude, dazu Anm. 93.

¹³⁷ Vgl. die Zusammenstellung bei Rothenhöfer (2005) 77-118.

¹³⁸ Die Überlegung gilt speziell auch im Blick auf den Umgang mit verstorbenen Säuglingen und Kleinkindern, vgl. dazu Duday u.a. (1995) zum gallo-römischen Bereich.

musste. Einen geeigneten Zugang könnten die methodischen Arbeiten zu frühmittelalterlichen Gräberfeldern bieten.¹³⁹ Unter der Annahme, dass die Einwohnerzahl im Rheinland im 2. Jahrhundert etwa konstant blieb, ließen sich Lebenserwartung und Sterbewahrscheinlichkeit von Personen unterschiedlicher Altersgruppen sowie die Zahl jährlicher Todesfälle erörtern. In den Diskurs müsste die in den *Digesten* überlieferte “Ulpian-Tafel” als älteste Sterbetafel aus dem frühen 3. Jahrhundert Eingang finden, in deren Kontext bereits seit langem diskutiert wird, inwieweit den als mittlere Lebenserwartung ausgewiesenen Werten Beobachtungen an realen Personengruppen zugrunde liegen.¹⁴⁰

FAZIT

Wie sieht das Fazit der Überlegungen aus, anhand bekannter Beispiele Bedarf und Verbrauch von Holz im Rheinland des 2. nachchristlichen Jahrhunderts abzuschätzen? Das Bemühen, antike Sachverhalte quantitativ zu erfassen und in Vergleichen zu bewerten, ist seit den Arbeiten von Richard Duncan-Jones oder William Hanson in den 1970er Jahre beständig gewachsen.¹⁴¹ Sie entstanden in gewisser Weise als Reaktion

¹³⁹ Kokkotidis & Richter (1991) und Kokkotidis (1999) 182-202, Kölbl (2004) 47-84. Zur Problematik, Lebensalter anhand kaiserzeitlicher Grabinschriften zu rekonstruieren, noch immer grundlegend Claus (1973).

¹⁴⁰ Zur Ulpian-Tafel *D.* 35.2.68 pr. Mays (1971), Frier (1982), zuletzt de Vries & Zwalve (2004).

¹⁴¹ Duncan-Jones (1974), Hanson (1978). — Zur Sammlung in Literatur, Inschriften und Papyri genannter Preise, Löhne und Bevölkerungszahlen sowie daran geknüpften Bedarfsrechnungen zu Grundnahrungsmitteln wie Getreide kommen in den vergangenen knapp zehn Jahren zunehmend an archäologischem und naturwissenschaftlichem Material unternommene Studien, in denen Quantitäten aus Befund- und Fundbeobachtungen sowie archäologischen Experimenten rekonstruiert werden. Ziel dieser zwei- und mehrstufigen Verfahren ist, Produktions- und Bedarfsmengen zu kalkulieren; exemplarisch dazu Drexhage (1991) und Szaivert & Wolters (2005). Derzeit erleben quantitative Studien in der althistorischen und archäologischen Forschung einen regelrechten Boom. Quantifizierung war Thema der im Juni 2010 in Köln veranstalteten Tagung “Wirtschaftsarchäologie – von der Struktur zur Leistung”, in dessen Rahmen die hier formulierten Gedanken skizziert wurden. Im Januar 2011 fand in Augst eine internationale Zusammenkunft zu “Calculations in Archae(bio)ology” statt. Die Frage nach Produktionsfaktoren und der Leistung der Wirtschaft in römischer Zeit steht im Mittelpunkt eines auf sechs Jahre angelegten Forschungsprogramms des Roman Society Research Center der Universität Gent (<http://www.rsrc.ugent.be/welcome>); unter der Leitung von Alan Bowman und Andrew Wilson ist an der University of Oxford seit dem Jahr 2005 das “Oxford Roman Economy Project” angesiedelt (<http://oxrep.classics.ox.ac.uk/>), dessen erste Ergebnisse unter dem Titel “Quantifying the Roman Economy” vorgelegt wurden: Bowman & Wilson (2009). Eine

auf Moses Finley, der 1973 mit *The Ancient Economy* die Synthese seiner wirtschaftshistorischen Studien vorlegte.¹⁴² Finley war gegenüber dem Wert quantitativer Angaben skeptisch bis voreingenommen.

Drei seiner Sätze bringen die hier skizzierten Quantifizierungsversuche im Blick auf Bevölkerungszahlen und Holz meines Erachtens auf den Punkt:

“Sie versuchen, quantitative Angaben als Beweis in Anspruch zu nehmen, wo die Quelle das nicht erlaubt, oder sie überschätzen die Folgerungen, die man berechtigterweise aus ihren Zahlen ziehen darf. ... Statistische Angaben helfen sowohl Denkmuster zu entdecken, wie sie zu erläutern, doch gibt es auch Seiten, die sich einer quantitativen Behandlung entziehen. ... Und, wie ich hinzufügen muss, die anekdotenhafte Arbeitsweise aufzugeben, ein oder zwei Beispiele auszugraben und so zu tun, als ob das ein Beweis sei.”¹⁴³

Ich ‘übersetze’ die drei Auszüge, die ich nicht als generelle Ablehnung von Quantifizierungen verstehe, sondern als Mahnung, mit solchen Daten sorgsam zu verfahren, folgendermaßen:

1. Trotz vielfacher Einzelbeobachtungen und spezieller Studien ist die Zahl an Quantifizierungen für Überlegungen, wie sie von Wendt und Zimmermann für die Besiedlung des Rheinlandes und daran anschließend von mir zum Holzbedarf in der Region angestellt wurden, bisher zu gering. Ziel muss sein, die Beispiele zu vermehren. Es braucht zeitlich wie räumlich eng gesteckte Rahmen, etwa nur wenige Jahre unterhaltene Siedlungsstellen, innerhalb derer entsprechende Daten möglichst flächig erhoben werden.

2. Auf diese Weise ist ein dichter Datensatz zu entwickeln. Seine statistische Betrachtung erlaubt es, mögliche Schemata zu erkennen, beispielsweise ob die Größe des Wohnbaus eines Gehöftes mit der der Wirtschaftsfläche korreliert. Womöglich aber zeigt die unvoreingenommene serielle Betrachtung auch, dass sich keine entsprechende Faustregel formulieren lässt, die Daten sich also einer “quantitativen Behandlung” entziehen.

3. Weil die Datenbasis bisher so schwach ist, verbietet es sich, daran bereits jetzt weiterführende Überlegungen anzuschließen. Das gilt insbesondere für Fragen hoher historischer Relevanz. Dieser Punkt führt einerseits an den Beginn der Ausführungen zurück, andererseits eröffnet er einen letzten näher zu erörternden Gedanken: Wendt und Zimmermann

ähnliche Forschungstendenz zeigt sich in Übersee, insbesondere der Zahl entsprechender Arbeiten von Walter Scheidel (<http://www.stanford.edu/~scheidel/>).

¹⁴² Zitiert hier wird die dritte Ausgabe der deutschen Übersetzung: Finley (1993).

¹⁴³ Finley (1993) 18-19.

verfolgten mit ihrer Studie zur Bevölkerungsdichte im römischen Rheinland die Absicht, Daten zur Verfügung zu stellen, auf denen Überlegungen zur Nutzung der Landschaft, dem Umgang mit den natürlich verfügbaren Ressourcen aufgebaut werden können.¹⁴⁴ Diese Zielsetzung wurde mit dem hier vorgelegten Beitrag für die Ressource Holz aufgegriffen und muss nach den skizzierten Ergebnissen als zu früh bewertet werden.

INDIZIEN ZUR HOLZKNAPPHEIT IN RÖMISCHER ZEIT?

Zu dieser Einschätzung gelange ich insbesondere auch vor dem Hintergrund eines Gedankens, der seit den vergangenen 30 Jahren wiederholt und in jüngster Zeit intensiv in der Forschungsliteratur diskutiert wird: Beobachtungen zu Bedarf und Verwendung von Holz münden immer häufiger in der Frage, inwieweit sich sein Verbrauch im Landschaftsbild niederschlug, ob mit einem drastischen Rückgang der Wälder zu rechnen ist, womöglich Gebiete von akuter Holzknappheit betroffen waren und daher Bau- und Brennmaterial aus entfernteren Gebieten herangeholt werden musste. Entsprechende Überlegungen wurden im Zuge der Beschäftigung mit verschiedenen Befunden und Funden formuliert.¹⁴⁵

Ernst Hollstein konstatierte 1980 die Verbauung unerwarteter Hölzer wie Erle, Hasel oder Pappel an der Trierer Basilika. Als Erklärung zog er die Übernutzung der lokalen Waldbestände in Betracht, die es nicht mehr erlaubten, auf ausreichende Mengen passenden Materials zurückzugreifen.¹⁴⁶ 1983 besprach Michael Speidel erstmals zusammenfassend die epigraphischen Zeugnisse der im frühen 3. Jahrhundert aus Mainz in den Odenwald abkommandierten Holzfällerkommandos der *Legio XXII Primigenia Pia Fidelis*.¹⁴⁷ Wiederholt wurden die betreffenden Maßnahmen nicht nur mit Vorbereitungen für Schiffsbauten im Zuge des Britannienfeldzugs unter Septimius Severus in Verbindung gebracht, sondern auch als Hinweise gedeutet, dass im Mainzer Umland zu dieser Zeit keine ausreichenden Ressourcen mehr zur Verfügung standen.¹⁴⁸ 1992 zeichneten Hans-Peter Kuhnen und Bernd

¹⁴⁴ Wendt (2008) 219.

¹⁴⁵ Beispiele für Studien zur antiken Umwelt, in denen speziell der Aspekt des Raubbaus am Wald diskutiert wird: Wagner-Hasel (1988), Hughes (1994) 73-90, Ziethen (2000), Haas (2006) 130-134, Thommen (2009) 39-44.

¹⁴⁶ Hollstein (1980) 156.

¹⁴⁷ Speidel (1983).

¹⁴⁸ Herz (1985) zur *expeditio Britannica*, Herz (2001) 112, ausführlich Nenninger (2001) 175-179, Schallmayer (2004) 38, Haas (2006) 130-131, Heising (2008) 127.

Becker vor dem Hintergrund der Frage nach den Ursachen von Limesfall und Ende der römischen Herrschaft im Gebiet des heutigen Südwestdeutschland ein Szenario des Raubbaus am Wald. Es gründet auf Eichenfunden aus Schotter- und Sandsedimenten in Main und Donau, die nach dendrochronologischer Analyse hauptsächlich in den beiden Jahrhunderten um Christi Geburt abgelagert wurden. Sie erklären die Befunde mit großflächigen Rodungen, die ihrerseits schwere Hochwasser verursachten.¹⁴⁹ Im gleichen gesamthistorischen Kontext brachte Martin Luik die vielerorts im 3. Jahrhundert zu beobachtende Verkleinerung von Kastellbädern mit einem Mangel notwendiger Rohstoffe in Verbindung. Er spricht dabei allerdings nicht explizit und ausschließlich von der Ressource Holz.¹⁵⁰ Den Gedanken hat Markus Scholz im Jahr 2002 wieder aufgegriffen und die entsprechende Beobachtung an Bädern und Landgütern wie etwa Bondorf oder Lauffen am Neckar konkret mit der Überlegung verbunden, ob für ihre Reduktionen auch akuter Brennstoffmangel verantwortlich gewesen sein kann.¹⁵¹ Hartmut Kaiser und Sebastian Sommer stellten 1994 in ihrer Publikation zu Lopodunum/Ladenburg die Frage, ob beim Übergang von der Holz- zur Steinbauweise auch Holz-mangel eine Rolle gespielt haben könne.¹⁵² Eine allgemeine Verschlechterung der Bauholzqualität infolge des römischen Raubbaus konstatierten im selben Jahr Egon Schallmayer und Gerhard Preuss im Blick auf die Holzbefunde des Benefiziarier-Weihebezirks in Osterburken. Die dort verbauten Eichenhölzer zeigen im zeitlichen Verlauf eine abnehmende Jahrringbreite. Die Beobachtung wurde bis dato so interpretiert, dass Hölzer von immer ungünstigeren und trockeneren Standorten verbaut werden musste, weil gutes Holz aus nächster Nähe nicht mehr zur Verfügung stand.¹⁵³ Marcus Nenninger überlegt in seiner im Jahr 2001 publizierten Dissertation, ob die Bauweise der Limespalisade mit teilweise halbierten Stämmen Material sparen sollte.¹⁵⁴ Insbesondere in der Limesforschung wurden derartige ökologische Überlegungen in den vergangenen Jahren verstärkt in die Diskussion gebracht. 2004 formulierte Egon Schallmayer, ob für die Vorverlegung des Obergermanisch-Rätischen Limes auch Holz-mangel verantwortlich gewesen sein könne, und man so

¹⁴⁹ Kuhnen (1992a) 36-39 und Becker (1992).

¹⁵⁰ Luik (1992).

¹⁵¹ Scholz (2002), vgl. ebenso die Diskussion bei Haas (2006) 245-252.

¹⁵² Kaiser & Sommer (1994) 321 Anm. 242.

¹⁵³ Schallmayer & Preuss (1994) 25-26, Schallmayer (2004) 38-42 und Heising (2008) 127 Anm. 388.

¹⁵⁴ Nenninger (2001) 182-183.

näher an walddreiche Gebiete herangerückt sei. Auch die Ablösung der Palisade durch ein System aus Wall und Graben erörterte er vor entsprechendem Hintergrund.¹⁵⁵ Im Blick auf Rätien überlegte Eveline Grönke 2008 und ein Jahr später Gerhard Waldherr, ob der Ersatz der Holzpalisade durch eine bis zu 1,2 m mächtige und 3 m hohe Steinmauer zu Beginn des 3. Jahrhunderts auch in Holzangel und logistischen Problemen bei der Beschaffung geeigneter Stämme begründet sein kann.¹⁵⁶

Insbesondere Angela Kreuz und Dietwulf Baatz haben sich in den vergangenen Jahren kritisch mit einzelnen der angerissenen Gedanken beschäftigt.¹⁵⁷ Wiederholt wurde von ihnen darauf hingewiesen, dass die betreffenden Beobachtungen, etwa zum Holz der Trierer Basilika, den sedimentierten Eichen oder auch der Reduzierung der Bäder, lokalen Charakter haben und keineswegs verallgemeinert werden können. Die Limesverlegung lässt sich nur schwerlich mit einem Mangel an Holz erklären, wenn die neue Grenzlinie in Wetterau und Odenwald erneut aus demselben Rohstoff errichtet wurde. Die Rätische Mauer war, wie der seit mehr als 100 Jahren bekannte Befund im Kreutweiher beim Kastell Dambach/Landkreis Ansbach zeigt, zumindest teilweise mit einem Holzpfehlrost fundamntiert. Jüngste dendrochronologische Untersuchungen datieren die betreffende Baumaßnahme, die ebenfalls im Widerspruch zur Vorstellung von Holzangel steht, in die Jahre 206/207 n.Chr.¹⁵⁸ Umgekehrt sind auch aus dem Bereich des Taunuslimes zwischen den WP 3-55 und 3-63 steingesetzte Abschnitte dokumentiert. Hier passte man die Bauweise den örtlichen Geländeeigenschaften an: Wo es aufgrund des anstehenden Felsens nicht möglich war, einen Graben auszuheben und einen Wall anzulegen, errichtete man aus den lokalen Steinvorkommen eine Trockenmauer.¹⁵⁹ Die Interpretation von Jahrringbreiten schließlich verlangt die Beachtung vielfältiger Faktoren: Neben Standort, Niederschlägen und Temperatur sind vor allem baumimmanente Eigenschaften für die Jahrringbreiten maßgeblich. Mit zunehmendem Alter des Baums nimmt die Breite der ausgebildeten Jahrringe tendenziell ab. Des Weiteren sind starke Schwankungen innerhalb eines Individuums bei der Auswertung zu beachten. Der Baum legt in verschiedenen Höhen

¹⁵⁵ Schallmayer (2004) 42 und Schallmayer (2005) 16.

¹⁵⁶ Grönke (2008) und Waldherr (2009) 98-101.

¹⁵⁷ Zum folgenden Kreuz (2004) 199-218 und Baatz (2008) 100-102.

¹⁵⁸ Czysz (2008), Czysz u.a. (2008), Czysz & Herzig (2008b).

¹⁵⁹ Vgl. Klee (1989) 76-80. Die Nutzung nahe verfügbarer Baustoffe konnte jüngst auch für den Bau der Rätischen Mauer wahrscheinlich gemacht werden, vgl. Sommer & Kerscher (2008).

unterschiedlich an Umfang zu. Maximale Breiten finden sich üblicherweise im Stammfuß und Gipfel, in etwa ein Drittel der Baumhöhe ist regelmäßig der gleichmäßigste Zuwachs zu konstatieren.¹⁶⁰

Weiterhin ist eine in verschiedenen Quellen dokumentierte Beobachtung in der Diskussion verstärkt im Auge zu behalten: Wie zahlreiche der zusammengestellten Beispiele gezeigt haben, wurde Holz in der Regel entsprechend seinen Charakteristika gezielt für seine jeweils beabsichtigte Verwendung ausgewählt und dazu gegebenenfalls auch über weitere Strecken in standortferne Regionen transportiert.¹⁶¹ Maßgeblich waren hierfür unter anderem seine Bruchfestigkeit, Tragfähigkeit und Wasserbeständigkeit, sein Heizwert oder seine Eigenschaften beim Verbrennen.¹⁶²

Es ist verlockend, anhand der hier zusammengetragenen Zahlen zu den unterschiedlichen Aspekten, in die die Überlegungen zum Holzbedarf ausgreifen, und insbesondere auch zur Frage nach möglicher Holzknappheit in römischer Zeit, Stellung zu nehmen. Ist eine Annahme durch eine große Zahl an Beispielen gut begründet, kann darauf ein weiteres Modell aufgebaut werden. Soweit allerdings sind meines Erachtens gegenwärtig weder die Ergebnisse zur Bevölkerungsdichte, noch zum Holzbedarf. Bereits jetzt das eine als solides Fundament zu betrachten, darauf das erste Stockwerk aufzusetzen und hierauf mit dem Gedanken, ob die Ressource Wald im 2. Jahrhundert ein knappes Gut im Rheinland war, gleich ein weiteres, führt auf den Holzweg. An der Statik ist noch zu arbeiten.

A–1010 Wien

Institut für Alte Geschichte und Altertumskunde,
Papyrologie und Epigraphik

Ulrike EHMIG

ulrike.ehmig@univie.ac.at

¹⁶⁰ Ausführlich zu den Einflussfaktoren der Jahringbreite Knigge & Schulz (1966) 92-104.

¹⁶¹ Zur Verwendung verschiedener Hölzer nach forstwissenschaftlichen, physikalisch-gewerblichen Kriterien: Knuchel (1954), Zundel (1990) 210-244; zum Gebrauch in vorindustriellen Kontexten nach archäologisch-archäobotanischen Befunden Willerding (1993), Kalis & Tegtmeier (1999) 133-167; zur spezifischen Nutzung nach papyrologischen und literarischen Quellen Habermann (2000) 202-223 und Habermann (2009) 37-43 Tabelle 1. Philologische Quellen zum Holztransport bei Mulliez (1982), vgl. ferner Nenninger (2001) 81-86; zum archäologisch-archäobotanischen Nachweis von Floßholz Bauer (1998/99). Zuletzt zu Eignung und Verwendung von Hölzern als Bauholz sowie zu Behandlung, Lagerung und Transport Eissing (2011) 1-16.

¹⁶² Ein gutes Beispiel liefert die Tanne, die nur in Mittel- und Hochgebirgen wie Schwarzwald, Vogesen, Alpen, Apenninen und Pyrenäen vorkommt. Archäobotanische Untersuchungen von Holz- und Holzkohleresten zeigen ihre massive Verbreitung außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes in römischer Zeit. Vgl. Küster (1995) 22, Küster (1994) 129 fig. 2 ohne Nachweise von Weinfässern, die meist aus Tannenholz gefertigt waren, ferner Nenninger (2001) 81-86.

LITERATUR¹⁶³

- Absmeier (2011): Robert ABSMEIER, 'Überlegungen zur Nutzung von Bauholz in der Antike', in: Scherrer (2011), S. 175-183.
- Alföldy (1968): Géza ALFÖLDY, 'Inschriften aus den Kalkbrennereien der niedergermanischen Legionen in Iversheim (Kr. Euskirchen)', in: *Epigraphische Studien 5. Sammelband*, Düsseldorf 1968, S. 17-27.
- Andraschko (1993): Frank M. ANDRASCHKO, 'Überlegungen zum Holzbedarf ur- und frühgeschichtlicher Siedlungen', *Alt-Thüringen* 27 (1993), S. 81-100.
- Archéologie Expérimentale 1 (1991): *Archéologie Expérimentale*, tome 1 – *Le feu: le métal, la céramique*. Actes du Colloque International "Expérimentation en archéologie: Bilan et Perspectives" tenu à l'Archéodrome de Beaune les 6, 7, 8 et 9 avril 1988 (Coll. Arch. Aujourd'hui), Dijon 1991.
- Archéologie Expérimentale 2 (1991): *Archéologie Expérimentale*, tome 2 – *La terre: l'os et la pierre, la maison et les champs*. Actes du Colloque International "Expérimentation en archéologie: Bilan et Perspectives" tenu à l'Archéodrome de Beaune les 6, 7, 8 et 9 avril 1988 (Coll. Arch. Aujourd'hui), Dijon 1991.
- Assmann (1953): Ernst ASSMANN, 'Bestockungsdichte und Holzerzeugung', *Forstwissensch. Centralbl.* 72/3-4 (1953), S. 69-101.
- Aufan & Thierry (1990): Robert AUFAN & François THIERRY, *Histoire des produits résineux landais*, Arcachon 1990.
- Baatz (1966): Dietwulf BAATZ, 'Zur Geschützbewaffnung römischer Auxiliartuppen in der frühen und mittleren Kaiserzeit', *BJ* 166 (1966), S. 194-207.
- Baatz (1979): Dietwulf BAATZ, 'Heizversuch an einer rekonstruierten Kanalheizung in der Saalburg', *SJ* 36 (1979), S. 31-44.
- Baatz (1980): Dietwulf BAATZ, 'Ein Katapult der Legio IV Macedonica aus Cremona', *MDAI(R)* 87 (1980), S. 283-299.
- Baatz (1998): Dietwulf BAATZ, 'Römische Holzgefäße der Saalburg', *SJ* 49 (1998), S. 66-75.
- Baatz (2008): Dietwulf BAATZ, 'Bemerkungen zur Limespalisade', in: Thiel (2008), S. 93-103.
- Balsan (1951): Louis BALSAN, 'L'industrie de la résine dans les Causses et son extension dans l'Empire romain', *Gallia* 9 (1951), S. 53-55.
- Bauer (1998/99): Sibylle BAUER, 'Römisches Floßholz auf dem Rhein bei Mainz', *MAZ* 5/6 (1998/99), S. 123-128.
- Bauer (2002): Sibylle BAUER, 'Römische Floßhölzer und Fässer aus Mainz. Auf den Spuren der Flößer und Böttcher in Obergermanien', in: L. Wamser & B. Steidl (Hrsg.), *Neue Forschungen zur römischen Besiedlung zwischen Oberrhein und Enns. Kolloquium Rosenheim 14.-16. Juni 2000* (Schriftent. Arch. Staatslg. 3), Remshalden 2002, S. 207-221.

¹⁶³ Die Zeitschriften- und Reihenkürzel folgen den Vorgaben der *Année Philologique* und des *American Journal of Archaeology*. Dort nicht aufgeführte Organe sind nach den Richtlinien der Römisch-Germanischen Kommission zitiert.

- Bauer (2005): Sibylle BAUER, 'Holzfunde aus sieben Brunnen des Kastellvicus Saalburg. Möglichkeiten und Grenzen dendroarchäologischer Auswertung', *SJ* 55 (2005), S. 191-259.
- Bauer (2007): Sibylle BAUER, 'Dendrodaten aus sekundärer Nutzung: Die Spundwände der Mainzer Römerbrücke und ihr Nachleben', in: Fansa & Vorlauf (2007a), S. 272-280.
- Becker (1992): Bernd BECKER, 'Raubbau am Wald. Römische Rodungen lösen Hochwasserkatastrophen aus', in: Kuhnen (1992), S. 71-73.
- Becker (1993): Bernd BECKER, 'An 11,000 Year German Oak and Pine Dendrochronology for Radiocarbon Calibration', *Radiocarbon* 35 (1993), S. 201-214.
- Becker (2005): Wolf-Dieter BECKER (Hrsg.), *Das Elsachtal. Die Landschaftsgeschichte vom Endneolithikum bis ins Hochmittelalter* (Rhein. Ausgr. 56), Mainz 2005.
- Becker u.a. (2005): Matthias BECKER, Hans-Jürgen DÖHLE, Monika HELLMUND, Rosemarie LEINEWEBER & Renate SCHAFBERG, 'Nach dem großen Brand. Verbrennung auf dem Scheiterhaufen – ein interdisziplinärer Ansatz', *BRGK* 86 (2005), S. 61-195.
- Bender (2004): Stephan BENDER, 'Ein Amphitheater im Lagerdorf des Kastells Arnsburg – Wiederentdeckung und Deutung einer Entdeckung', *Hessen-Arch.* (2004), S. 100-103.
- Bender (2005): Stephan BENDER, 'Amphitheater und Kampfspiele am Limes in Hessen', *Denkmalpfl. u. Kulturgesch.* (2005/3), S. 29-31.
- Berrendonner (2007): Clara BERRENDONNER, 'Mercennarius dans les sources littéraires', in: J. Andreau & V. Chankowski (Hrsg.), *Vocabulaire et expression de l'économie dans le monde antique*, Paris 2007, S. 211-231.
- Beste (2011): Heinz BESTE, 'Die Bauphasen des antiken Arenabodens im Colosseum und seine Wiederherstellung', in: von Kienlin (2011), S. 259-271.
- Bormann (1992): Michael BORMANN, *Historische Pfahlgründungen* (Kl. Beitr. Gesch. Baukonstr. u. Bautechnik), Karlsruhe 1992.
- Bossart u.a. (2006): Julia BOSSART, Pirmin KOCH, Andrew LAWRENCE, Sven STRAUMANN, Ines WINET & Peter-Andrew SCHWARZ, 'Zur Einwohnerzahl von Augusta Raurica', *JAK* 27 (2006), S. 67-108.
- Bowman & Thomas (1983): Alan BOWMAN & J. David THOMAS, *Vindolanda: The Latin Writing Tablets* (Britannia Monogr. 4), London 1983.
- Bowman & Thomas (1994): Alan BOWMAN & J. David THOMAS, *The Vindolanda Writing Tablets. Tab. Vind. II*, London 1994.
- Bowman & Thomas (2003): Alan BOWMAN & J. David THOMAS, *The Vindolanda Writing Tablets. Tab. Vind. III*, London 2003.
- Bowman & Wilson (2009): Alan BOWMAN & Andrew WILSON, *Quantifying the Roman Economy. Methods and Problems* (Oxford Stud. Roman Economy 1), Oxford 2009.
- Brem & Leuzinger (2005): Hansjörg BREM & Urs LEUZINGER, 'Gebohrt, gedrehselt, gehobelt – Holzfunde aus dem römischen Vicus Tasgetium (Eschenz)', *ArchS* 28/4 (2005), S. 32-37.
- Brigham (1990): Trevor BRIGHAM, 'The Late Roman Waterfront in London', *Britannia* 21 (1990), S. 99-183.

- Bryant (1978/79): Geoffrey F. BRYANT, 'Romano-British Experimental Kiln Firings at Barton-on-Humber, England, 1968–1975', *Acta Praehist. et Arch.* 9/10 (1978/79), S. 13–22.
- Buchholz (2004): Hans-Günter BUCHHOLZ, *Der Werkstoff Holz und seine Nutzung im ostmediterranen Altertum. Begleitheft zum Tagungsband „Althellenische Technologie und Technik, Ohlstadt 2003“*, Weilheim 2004.
- Bunnik u.a. (1995): Frans P.M. BUNNIK, Arie J. KALIS, Jutta MEURERS-BALKE & Astrid STOBBE, 'Archäopalynologische Betrachtungen zum Kulturwandel in den Jahrhunderten um Christi Geburt', *ArchI* 18/2 (1995), S. 169–185.
- Bunnik u.a. (2005): Frans P.M. BUNNIK, Arie J. KALIS, Jutta MEURERS-BALKE, 'Die Elsachtalablagerungen – Zonierung und chronologische Einordnung', in: Becker (2005), S. 101–114.
- Burschel & Huss (1997): Peter BURSCHEL & Jürgen HUSS, *Grundriß des Waldbaus. Ein Leitfaden für Studium und Praxis* (Pareys Studient. 49), Berlin 1997.
- Carre & Roman (2008): Marie-Brigitte CARRE & Robert ROMAN, 'Hypothèse de restitution d'un navire à dolia: la construction d'une maquette', *Archaeonautica* 15 (2008), S. 175–192.
- Cech (2008): Brigitte CECH (Hrsg.), *Die Produktion von Ferrum Noricum am Hüttenberger Erzberg. Die Ergebnisse der interdisziplinären Forschungen auf der Fundstelle Sendlach/Eisner in den Jahren 2003–2005* (Austr. Ant. 2), Wien 2008.
- Cech (2008a): Brigitte CECH, 'Die archäologischen Untersuchungen auf der Fundstelle Sendlach/Eisner', in: Cech (2008), S. 28–70.
- Chabal (2001): Lucie CHABAL, 'Les potiers, le bois et la forêt à l'époque romaine à Sallèles d'Aude (I^{er}-III^e s.ap.J.-C.)', in: F. Laubenheimer, *20 ans de recherches à Sallèles d'Aude*, Paris 2001, S. 93–110.
- Christmann (1985): Eckhard CHRISTMANN, 'Wiedergewinnung antiker Bauerngeräte. Philologisches und Sachliches zum Trierer und zum rätischen Dreschsparren sowie zum römischen Dreschstock', *TZ* 48 (1985), S. 139–155.
- Clauss (1973): Manfred CLAUSS, 'Probleme der Lebensalterstatistiken aufgrund römischer Grabinschriften', *Chiron* 3 (1973), S. 394–417.
- Clerici (1983): Regula CLERICI, 'Römische Holzfässer aus Vitodurum', *HA* 14 (1983), S. 14–24.
- Collin & Wetzel (2004): Gerd COLLIN & Walter WETZEL, 'Zur Geschichte der Eisengewinnung mit Holzkohle und Steinkohlenkoks', *NTM Zeitschr. Gesch. Wissensch. Technik u. Med.* 12 (2004), S. 65–79.
- Cüppers (1969): Heinz CÜPPERS, *Die Trierer Römerbrücken* (Trierer Grab. u. Forsch. 5), Mainz 1969.
- Cüppers (2001): Heinz CÜPPERS, 'Die Römerbrücken', in: H.-P. Kuhnen, *Das römische Trier* (Führer Arch. Denkm. Deutschland 40), Stuttgart 2001, S. 158–165.
- Cüppers & Rüger (1985): Heinz CÜPPERS & Christoph B. RÜGER, *Römische Siedlungen und Kulturlandschaften* (Gesch. Atlas Rheinlande Beih. III/1–III/2), Köln 1985.
- Czysz (2008): Wolfgang CZYSZ, 'Archäologie im Karpfenteich. Neues aus dem römischen Vicus von Dambach', in: Thiel (2008), S. 173–181.

- Czysz (2009): Wolfgang CZYSZ, 'Von Holzarmen und Holzbeinen. Ein römisches Quellheiligtum beim Kastell Dambach', *Limes* 3/1 (2009), S. 4-6.
- Czysz (2010): Wolfgang CZYSZ, 'Neue Untersuchungen in den Karpfenteichen beim Kastell Dambach (Ausgrabung 2008)', in: Henrich (2010), S. 73-87.
- Czysz & Herzig (2008a): Wolfgang CZYSZ & Franz HERZIG, 'Neue Dendrodatten von der Limespalisade in Raetien', in: Thiel (2008), S. 183-195.
- Czysz & Herzig (2008b): Wolfgang CZYSZ & Franz HERZIG, 'Der Pfahlrost im Kreutweiher beim Limeskastell Dambach. Erste dendrochronologische Ergebnisse', *Jahresber. Bayer. Bodendenkmalpfl.* 49 (2008), S. 221-226.
- Czysz u.a. (2008): Wolfgang CZYSZ, Robert FRANK & Franz HERZIG, 'Aufgetaucht – Neue Untersuchungen an der Teufelsmauer im Dambacher Kreutweiher (Gemeinde Ehingen, Landkreis Ansbach, Mittelfranken)', *Arch. Jahr Bayern* (2008), S. 83-85.
- Dannecker (1929): Karl DANNECKER, *Der Plenterwald einst und jetzt*, Stuttgart 1929.
- DeLaine (1997): Janet DELAINE, *The Baths of Caracalla. A Study in the Design, Construction, and Economics of Large-Scale Building Projects in Imperial Rome* (JRA Suppl. 25), Portsmouth 1997.
- Deys (1983): Simone DEYTS, *Les bois sculptés des Sources de la Seine* (Gallia Suppl. 42), Paris 1983.
- Dietmar & Trier (2006): Carl DIETMAR & Marcus TRIER, *Mit der U-Bahn in die Römerzeit. Ein Handbuch zu den archäologischen Ausgrabungsstätten rund um den Bau der Nord-Süd Stadtbahn*, Köln 2006.
- Dörfler (1995): Walter DÖRFLER, 'Versuch einer Modellierung des Energieflusses und des Rohstoffverbrauchs während der römisch-kaiserzeitlichen Eisenverhüttung in Joldelund, Ldkr. Nordfriesland', *Probleme Küstenforsch.* 23 (1995), S. 175-185.
- Dotz (2003): Michael DODT, *Die Thermen von Zülpich und die römischen Badeanlagen der Provinz Germania inferior*, Diss. Bonn 2003, <http://hss.ulb.uni-bonn.de:90/2003/0117/0117.pdf>.
- Drexhage (1991): Hans-Joachim DREXHAGE, *Preise, Mieten/Pachten, Kosten und Löhne im römischen Ägypten bis zum Regierungsantritt Diokletians* (Vorarbeiten zu einer Wirtschaftsgeschichte des römischen Ägypten 1), St. Katharinen 1991.
- Duday u.a. (1995): Henri DUDAY, Fanette LAUBENHEIMER & Anne-Marie TILLIER, *Sallèles d'Aude. Nouveau-nés et nourrissons gallo-romains* (Centre Rech. Hist. Anc. 144 Série Amphores 3 – Ann. Litt. Univ. Besançon 563), Paris 1995.
- Dumontet & Romeuf (1980): Monique DUMONTET & Anne-Marie ROMEUF, *Ex-voto gallo-romains de la source des Roches à Chamalières*, Clermont-Ferrand 1980.
- Duncan-Jones (1974): Richard DUNCAN-JONES, *The Economy of the Roman Empire: Quantitative Studies*, Cambridge 1974.
- Dušek u.a. (1986): Sigrid DUŠEK, Hans HOMANN, Wolfgang MÜLLER & Walter SCHMIDT, *Haarhausen I: Rekonstruktion eines Töpferofens und des Brennverfahrens* (Weimarer Monogr. Ur- u. Frühgesch. 16), Weimar 1986.
- Dušek (1992): Sigrid DUŠEK, *Römische Handwerker im germanischen Thüringen. Ergebnisse der Ausgrabungen in Haarhausen, Kreis Arnstadt. Teil A: Auswertung* (Weimarer Monogr. Ur- u. Frühgesch. 27/1), Stuttgart 1992.

- Eck (1997): Werner ECK, 'Lateinische Epigraphik', in: F. Graf (Hrsg.): *Einleitung in die lateinische Philologie* (Einl. Altertumswiss.), Stuttgart 1997, S. 92-111.
- Eck (1998): Werner ECK, 'Inschriften auf Holz. Ein unterschätztes Phänomen der epigraphischen Kultur', in: P. Kneißl & V. Losemann (Hrsg.), *Imperium Romanum. Studien zu Geschichte und Rezeption. Festschrift für Karl Christ zum 75ten Geburtstag*, Stuttgart 1998, S. 203-217.
- Eck (2004): Werner ECK, *Köln in römischer Zeit. Geschichte einer Stadt im Rahmen des Imperium Romanum* (Gesch. Stadt Köln 1), Köln 2004.
- Eck (2007): Werner ECK, 'Befund und Realität. Zur Repräsentativität unserer epigraphischen Quellen in der römischen Kaiserzeit', *Chiron* 37 (2007), S. 49-64.
- Ehmig (2005): Ulrike EHMIG, 'Der Besitzer der Bad Kreuznacher Peristylvilla – ein Händler ostmediterraner Lebensmittel?', *MBAH* 24/2 (2005), S. 175-191.
- Eissing (2011): Thomas EISSING, 'Eignung und Verwendung von Hölzern als Bauholz: Behandlung und Lagerung, Transport', in: von Kienlin (2011), S. 1-16.
- Ellenberg & Leuschner (2010): Heinz ELLENBERG & Christoph LEUSCHNER, *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*, Stuttgart 2010.
- Erb (1982): Teja ERB, 'Prolegomena einer Darstellung der handwerklichen Arbeitsteilung in der römischen Antike anhand der überlieferten lateinischen Berufsbezeichnungen', *Klio* 64 (1982), S. 117-130.
- Eronen u.a. (2002): Matti ERONEN, Pentti ZETTERBERG, Keith R. BRIFFA, Markus LINDHOLM, Jouko MERILÄINEN & Mauri TIMONEN, 'The Supra-Long Scots Pine Tree-Ring Record for Finnish Lapland. Part 1: Chronology, Construction and Initial Inferences', *Holocene* 12/6 (2002), S. 673-680.
- Ertel (2008): Christine ERTEL, 'Römische Wohnhäuser in Raetien', in: P. Scherrer (Hrsg.), *Domus. Das Haus in den Städten der römischen Donauprovinzen*. Akten des 3. Internationalen Symposiums über römische Städte in Noricum und Pannonien (Österr. Arch. Inst. Sonderschr. 44), Wien 2008, S. 1-30.
- Faber u.a. (2007): Andrea FABER, Peter FASOLD, Manuela STRUCK & Marion WITTEYER (Hrsg.), *Körpergräber des 1.-3. Jahrhunderts in der römischen Welt*. Internationales Kolloquium Frankfurt am Main 19.-20. November 2004 (Schr. Arch. Mus. Frankfurt 21), Frankfurt 2007.
- Fansa (2000): Mamoun FANSA, *Experimentelle Archäologie und Museumspädagogik* (Arch. Mitt. Nordwestdschl. Beih. 29), Oldenburg 2000.
- Fansa & Vorlauf (2007a): Mamoun FANSA & Dirk VORLAUF, *Holz-Kultur von der Urzeit bis in die Zukunft. Ökologie und Ökonomie eines Naturrohstoffs im Spiegel der experimentellen Archäologie, Ethnologie, Technikgeschichte und modernen Holzforschung. Wissenschaftlicher Begleitband zur gleichnamigen Sonderausstellung 4. Februar–28. Mai 2007 im Landesmuseum für Natur und Mensch Oldenburg. Ergebnisse der Vorbereitungstagung vom 24.–25. November 2005 in Oldenburg* (Schriftenr. Landesmus. Natur u. Mensch 47), Mainz 2007.
- Fansa & Vorlauf (2007b): Mamoun FANSA & Dirk VORLAUF, *Holz-Kultur von der Urzeit bis in die Zukunft. Ökologie und Ökonomie eines Naturrohstoffs im Spiegel der experimentellen Archäologie, Ethnologie, Technikgeschichte und modernen Holzforschung. Ausstellungsführer. Sonderausstellung im Landesmuseum für Natur und Mensch Oldenburg 4. Februar–28. Mai 2007* (Schriftenr. Landesmus. Natur u. Mensch 48), Mainz 2007.

- Fellmann (1991): Rudolf FELLMANN, 'Hölzerne Kleinfunde aus dem Vicus Vitudurum-Oberwinterthur', in: H.F. Etter, R. Fellmann Brogli, R. Fellmann, S. Martin-Kilcher, P. Morel & A. Rast, *Vitudurum 5. Beiträge zum römischen Oberwinterthur: Die Funde aus Holz, Leder, Bein, Gewebe* (Monogr. Kantonsarch. Zürich 10), Zürich 1991, S. 17-40.
- Fellmann (2009): Rudolf FELLMANN, *Römische Kleinfunde aus Holz aus dem Legionslager Vindonissa* (Veröff. Ges. Pro Vindonissa 20), Brugg 2009.
- Finley (1993): Moses I. FINLEY, *Die antike Wirtschaft*, München ³1993.
- Frier (1982): Bruce FRIER, 'Roman Life Expectancy: Ulpian's Evidence', *HSPH* 86 (1982), S. 213-251.
- Gaitzsch (1986): Wolfgang GAITZSCH, 'Grundformen römischer Landsiedlungen im Westen der CCAA', *BJ* 186 (1986) S. 397-427.
- Gaitzsch u.a. (2000): Wolfgang GAITZSCH, Anna-Barbara FOLLMANN-SCHULZ, Karl H. WEDEPOHL, Gerald HARTMANN & Ursula TEGTMEIER, 'Spätromische Glashütten im Hambacher Forst. Der Produktionsort der ECVA-Faßkrüge. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen', *BJ* 200 (2000), S. 83-241.
- Galsterer (1992): Brigitte GALSTERER, 'Stempel und Graffiti auf Holzfässern aus Oberaden. Mit einem Anhang: Andere Kleininschriften aus Oberaden', in: J.-S. Kühnborn & S. von Schnurbein, *Das Römerlager in Oberaden III. Die Ausgrabungen im nordwestlichen Lagerbereich und weitere Baustellenuntersuchungen der Jahre 1962–1988* (Bodenalt. Westfalen 27), Münster 1992, S. 203-216.
- Gayer (1933): Sigmund GAYER, *Hilfstafeln zur Berechnung der stehenden Waldbestände sowie zur Kubierung von Stammholz und Schwellen*, Villingen 1933.
- Gayer (1954): Sigmund GAYER (Hrsg.), *Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik*, Leipzig 1954.
- Giachi u.a. (2000): Gianna GIACHI, Simona LAZZERI & Stefano PACI, 'Il legno utilizzato per la costruzione delle imbarcazioni: indagini preliminari', in: S. Bruni (Hrsg.), *Le navi antiche di Pisa. Ad un anno dall'inizio delle ricerche*, Firenze 2000, S. 80-86.
- Gleitsmann (1980): Rolf-Jürgen GLEITSMANN, 'Rohstoffmangel und Lösungsstrategien: Das Problem vorindustrieller Holzknappheit', *Technologie u. Politik* 16 (1980), S. 104-154.
- Goldmann (1993): Klaus GOLDMANN, 'Waldnutzung in Alteuropa – Zeugnis früher Forstwirtschaft', *Alt-Thüringen* 27 (1993) S. 71-80.
- Gostenčnik (2011): Kordula GOSTENČNIK, 'Aus den Augen – aus dem Sinn? Hölzerne Textilgeräte und ihre Nachweisbarkeit am Beispiel Noricum', in: Scherrer (2011), S. 207-240.
- Grabner (2011): Michael GRABNER, 'Holz als Informationsquelle – Holzartenbestimmung und Dendrochronologie', in: Scherrer (2011), S. 19-28.
- Gammell (1989): Rolf GRAMMEL, *Forstbenutzung. Technologie, Verwertung und Verwendung von Holz*, Hamburg–Berlin 1989.
- Grassmann (1994a): Hans-Christian GRASSMANN, 'Wirkungsweise und Energieverbrauch der Römischen Thermen in Weißenburg/Bay.', *Balnearia* 2/2 (1994) S. 4-7.

- Grassmann (1994b): Hans-Christian GRASSMANN, 'Wirkungsweise und Energieverbrauch antiker römischer Thermen – ermittelt mit modernen wärmetechnischen Methoden für die großen Thermen in Weißenburg', *JbRGZM* 41 (1994) S. 297-321.
- Grewe (2009): Klaus GREWE, 'Die Reliefdarstellung einer antiken Steinsägemaschine aus Hierapolis in Phrygien und ihre Bedeutung für die Technikgeschichte', in: M. Bachmann (Hrsg.), *Bautechnik im antiken und vorantiken Kleinasien* (Byzas 9), Istanbul 2009, S. 429-454.
- Groeneveld (1993): Stephan GROENEVELD, 'Faßbrunnen aus dem Hafen der Colonia Ulpia Traiana', *Arch. Rheinland* (1993), S. 62-64.
- Grönke (2008): Eveline GRÖNKE, 'Zum Forschungsstand am Raetischen Limes in Mittelfranken', *Beitr. Arch. Mittelfranken* 8 (2008), S. 173-190.
- Grudd u.a. (2002): Håkan GRUDD, Keith R. BRIFFA, Wibjörn KARLÉN, Thomas S. BARTHOLIN, Philip D. JONES & Bernd KROMER, 'A 7400-Year Tree-Ring Chronology in Northern Swedish Lapland: Natural Climatic Variability Expressed on Annual to Millennial Timescales', *Holocene* 12/6 (2002), S. 657-665.
- Grundner & Schwappach (1922): Fritz GRUNDNER & Adam SCHWAPPACH (Hrsg.), *Massetafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Nach den Arbeiten der forstlichen Versuchsanstalten des Deutschen Reiches und Österreichs*, Berlin 1922.
- Guibal & Pomey (1998): Frédéric GUIBAL & Patrice POMEY, 'L'utilisation du matériau-bois dans la construction navale antique: analyse anatomique et dendrochronologique', in: E. Rieth (Hrsg.), *Méditerranée antique. Pêche, navigation, commerce*, Aubenas 1998, S. 159-175.
- Haas (2006): Jochen HAAS, *Die Umweltkrise des 3. Jahrhunderts n.Chr. im Nordwesten des Imperium Romanum. Interdisziplinäre Studien zu einem Aspekt der allgemeinen Reichskrise im Bereich der beiden Germaniae sowie der Belgica und der Raetia* (Geogr. Hist. 22), Stuttgart 2006.
- Habermann (2000): Wolfgang HABERMANN, *Zur Wasserversorgung einer Metropole im kaiserzeitlichen Ägypten. Neuedition von P. London III 1177. Text – Übersetzung – Kommentar* (Vestigia 53), München 2000.
- Habermann (2009): Wolfgang HABERMANN, 'Brennstoffe im griechisch-römischen Ägypten (und darüber hinaus) I: Brennholz', in: R. Eberhard, H. Kockelmann, S. Pfeiffer & M. Schentuleit (Hrsg.), "...vor dem Papyrus sind alle gleich!" *Papyrologische Beiträge zu Ehren von Bärbel Kramer* (P. Kramer) (Archiv Papyrusforsch. Beih. 27), Berlin 2009. S. 32-71.
- Hanson (1978): William S. HANSON, 'The Organisation of Roman Military Timber-Supply', *Britannia* 9 (1978), S. 293-305.
- Hanson (1982): William S. HANSON, 'Roman Military Timber Buildings: Construction and Reconstructions', in: S. McGrail (Hrsg.), *Woodworking Techniques before A.D. 1500. Papers presented to a symposium at Greenwich in September, 1980, together with edited discussion* (Nat. Maritime Mus. Greenwich Arch. Ser. 7 – BAR Internat. Ser. 129), Oxford 1982, S. 169-186.
- Hanson & Macinnes (1981): William S. HANSON & Lesley MACINNES, 'Forests, Forts and Fields', in: J. Kenworthy (Hrsg.), *Agricola's Campaigns in Scotland* (Scottish Arch. Forum 12), Edinburgh 1981, S. 98-113.

- Haser & Maise (2003): Johann HASER & Christian MAISE, 'Zum Nachbau eines römischen Reisewagens – Grundlagen und Aufwandsberechnung', *JAK* 24 (2003) S. 193-223.
- Healey (1978): John F. HEALEY, *Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World*, London 1978.
- Hedinger & Leuzinger (2003): Bettina HEDINGER & Urs LEUZINGER, *Tabula Rasa. Les Helvètes et l'artisanat du bois. Les découvertes de Vitodurum et Tasgetium* (Doc. Mus. Rom. Avenches 9), Avenches 2003.
- Heising (2007): Alexander HEISING, *Figlinae Mogontiacenses. Die römischen Töpfereien von Mainz* (Ausgr. u. Forsch. 3), Remshalden 2007.
- Heising (2008): Alexander HEISING, *Die römische Stadtmauer von Mogontiacum – Mainz. Archäologische, historische und numismatische Aspekte zum 3. und 4. Jahrhundert n.Chr.*, Bonn 2008.
- Henrich (2010): Peter HENRICH (Hrsg.), *Perspektiven der Limesforschung. 5. Kolloquium der Deutschen Limeskommission 19./20. Mai 2009 im Römisch-Germanischen Museum der Stadt Köln* (Beiträge zum Welterbe Limes 5), Stuttgart 2010.
- Herz (1985): Peter HERZ, 'Zeugnisse römischen Schiffbaus in Mainz. Die Severer und die *expeditio Britannica*', *JbRGZM* 32 (1985) S. 422-435.
- Herz (2001): Peter HERZ, 'Holz und Holzwirtschaft', in: P. Herz & G. Waldherr (Hrsg.), *Landwirtschaft im Imperium Romanum* (Pharos 14), St. Katharinen 2001, S. 101-117.
- Herz (2010): Peter HERZ, 'Die Versorgung der römischen Armee mit Waffen und Ausrüstung', in: A. Eich (Hrsg.), *Die Verwaltung der kaiserzeitlichen römischen Armee. Studien für Hartmut Wolff* (Historia Einzelschr. 211), Stuttgart 2010, S. 111-132.
- Herz (2011): Peter HERZ, 'Überlegungen zur Holzwirtschaft in römischer Zeit', in: Scherrer (2011), S. 153-165.
- Höning (1998): Antje HÖNING, *Natürliche Ressourcen in der klassischen Theorie* (Hochschulschr. 39), Marburg 1998.
- Höpken (2005): Constanze HÖPKEN, *Die römische Keramikproduktion in Köln* (Kölner Forsch. 8), Mainz 2005.
- Hollstein (1980): Ernst HOLLSTEIN, *Mitteleuropäische Eichenchronologie* (Trierer Grab. u. Forsch. 11), Mainz 1980.
- Hoppus (1837): Edward HOPPUS, *Hoppus's Tables for Measuring, or Practical Measuring made easy by a Set of Tables – with some very curious observations concerning Measuring of Timber by Several Dimensions*, London 1837.
- Hübner (2008): Emanuel HÜBNER, 'Das Kanalisationssystem der Colonia Ulpia Traiana', in: M. Müller, H.-J. Schalles & N. Zieling (Hrsg.), *Colonia Ulpia Traiana: Xanten und sein Umland in römischer Zeit* (Xantener Ber. Sonderb. – Gesch. Stadt Xanten 1), Mainz 2008, S. 395-412.
- Hüser (1979): Heribert HÜSER, 'Wärmetechnische Messungen an einer Hypokaustenheizung in der Saalburg', *SJ* 36 (1979), S. 12-30.
- Hughes (1994): J. Donald HUGHES, *Environmental Problems of the Ancient Greeks and Romans*, Baltimore 1994.
- Jauch (1994): Verena JAUCH, 'Eine römische Teersiederei im antiken Tasgetium – Eschenz', *ArchS* 17/3 (1994), S. 111-119.

- Jauch (1997): Verena JAUCH, *Eschenz – Tasgetium. Römische Abwasserkanäle und Latrinen*. (Arch. Thurgau 5), Frauenfeld 1997.
- Jauch & Zollinger (2010): Verena JAUCH & Beat ZOLLINGER, 'Holz aus Vitudurum – Neue Entdeckungen in Oberwinterthur', *ArchS* 33/3 (2010), S. 2-13.
- Jurišić (2000): Mario JURIŠIĆ, *Ancient Shipwrecks of the Adriatic. Maritime Transport during the First and Second Centuries AD* (BAR Internat. Ser. 828), Oxford 2000.
- von Kaenel & Wenzel (2010): Hans-Markus VON KAENEL & Carsten WENZEL, 'Arnsburg „Alteburg“: Kastell und vicus mit monumentalem Zentrum und Umwehrung', in: Henrich (2010), S. 105-121.
- Kaiser & Sommer (1994): Hartmut KAISER & C. Sebastian SOMMER, *Lopodunum I. Die römischen Befunde der Ausgrabungen an der Kellerei in Ladenburg 1981–1985 und 1990* (Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 50), Stuttgart 1994.
- Kalis & Tegtmeyer (1999): Arie J. KALIS & Ursula TEGTMEIER, 'Gehölze als Nutzpflanzen', in: Koschik (1999), S. 129-167.
- Kern u.a. (2008): Anton KERN, Kerstin KOWARIK, Anton W. RAUSCH & Hans RESCHREITER (Hrsg.), *Salz-Reich. 7000 Jahre Hallstatt* (Veröff. Prähist. Abt. Naturhist. Mus. 2), Wien 2008.
- Kessener (2010): Paul KESSENER, 'Stone Sawing Machines of Roman and Early Byzantine Times in the Anatolian Mediterranean', *Adalya* 13 (2010), S. 283-303.
- von Kienlin (2011): Alexander VON KIENLIN (Hrsg.), *Holztragwerke der Antike. Internationale Konferenz 30. März–1. April 2007 in München* (Byzas 11), Ege Yayınları 2011.
- Kissel (1995): Theodor K. KISSEL, *Untersuchungen zur Logistik des römischen Heeres in den Provinzen des griechischen Ostens (27 v.Chr. –235 n.Chr.)* (Pharos 6), St. Katharinen 1995.
- Klee (1989): Margot KLEE, *Der Limes zwischen Rhein und Main. Vom Beginn des obergermanischen Limes bei Rheinbrohl bis zum Main bei Großkrotzenburg*, Stuttgart 1989.
- Klein (2006): Andrea KLEIN, *Bronzezeitliche Holznutzung in Hallstatt*, Dipl.-Arbeit Wien 2006, http://www.map.boku.ac.at/fileadmin/_/H89/H891/dokumente/Grabner_literaturliste/Klein-2006-Diplomarbeit.pdf.
- Knigge & Schulz (1966): Wolfgang KNIGGE & Horst SCHULZ, *Grundriß der Forstbenutzung. Entstehung, Eigenschaften, Verwertung und Verwendung des Holzes und anderer Forstprodukte*, Hamburg–Berlin 1966.
- Knörzer & Gerlach (1999): Karl-Heinz KNÖRZER & Renate GERLACH, 'Geschichte der Nahrungs- und Nutzpflanzen im Rheinland', in: Koschik (1999), S. 67-127.
- Knuchel (1954): Hermann KNUCHEL, *Das Holz. Entstehung und Bau, physikalische und gewerbliche Eigenschaften, Verwendung. Holzarten-Lexikon*, Aarau 1954.
- Kölbl (2004): Stefanie KÖLBL, *Das Kinderdefizit im frühen Mittelalter – Realität oder Hypothese? Zur Deutung demographischer Strukturen in Gräberfeldern*, Diss. Tübingen 2004, http://tobias-lib.uni-tuebingen.de/volltexte/2004/1152/pdf/diss_a4.pdf.

- Körber-Grohne (1992): Udelgard KÖRBER-GROHNE, 'Teer aus Birkenrinde im römischen Handelshaus von Walheim am Neckar', *Fundber. Baden-Württemberg* 17/1 (1992), S. 347-354.
- Kokkotidis & Richter (1991): Klaus-Georg KOKKOTIDIS & Jürgen RICHTER, 'Gräberfeld-Sterbetafeln', *Archl* 14 (1991), S. 219-241.
- Kokkotidis (1999): Klaus-Georg KOKKOTIDIS, *Von der Wiege bis zur Bahre. Untersuchungen zur Paläodemographie der Alamannen des frühen Mittelalters*, Diss. Köln 1999, <http://kups.ub.uni-koeln.de/1200/>.
- Kolb (1984): Frank KOLB, *Die Stadt im Altertum*, München 1984.
- Konecny (2011): Andreas KONECNY, 'Holzbefunde aus der Zivilstadt von Carnuntum', in: Scherrer (2011), S. 241-257.
- Korhonen (2003): Kalle KORHONEN, *La collezione epigrafica del Museo Civico di Catania*, Diss. Helsinki 2003, <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/hum/klass/vk/korhonen/lacollez.pdf>.
- Koschik (1999): Harald KOSCHIK (Hrsg.), *PflanzenSpuren. Archäobotanik im Rheinland: Agrarlandschaft und Nutzpflanzen im Wandel der Zeiten* (Mat. Bodendenkmalpfl. Rheinland 10), Köln 1999.
- Kramer (1995): Bärbel KRAMER, 'Arborikultur und Holzwirtschaft im griechischen, römischen und byzantinischen Ägypten', *APF* 41 (1995), S. 217-231.
- Kretschmer (1953): Fritz KRETZSCHMER, 'Hypokausten', *SJ* 12 (1953), S. 7-42.
- Kretschmer (1955): Fritz KRETZSCHMER, 'Die Heizung der Aula Palatina in Trier', *Germania* 33 (1955), S. 200-210.
- Kreuz (1994/95): Angela KREUZ, 'Landwirtschaft und ihre ökologischen Grundlagen in den Jahrhunderten um Christi Geburt: zum Stand der naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Hessen', *Ber. Komm. Arch. Landesforsch. Hessen* 3 (1994/95), S. 59-91.
- Kreuz (2004): Angela KREUZ, 'Landwirtschaft im Umbruch? Archäobotanische Untersuchungen zu den Jahrhunderten um Christi Geburt in Hessen und Mainfranken', *BRGK* 85 (2004), S. 97-293.
- Kühlborn (1990): Johann-Sebastian KÜHLBORN, 'Die augusteischen Militärlager an der Lippe', in: H. Hellenkemper, H.G. Horn, H. Koschik & B. Trier (Hrsg.), *Archäologie in Nordrhein-Westfalen. Geschichte im Herzen Europas* (Schr. Bodendenkmalpfl. Nordrhein-Westfalen 1), Mainz 1990, S. 169-186.
- Küster (1993): Hansjörg KÜSTER, 'Sieben Phasen der Nutzung mitteleuropäischer Wälder', *Alt-Thüringen* 27 (1993), S. 55-69.
- Küster (1994): Hansjörg KÜSTER, 'The Economic Use of Abies Wood as Timber in Central Europe during Roman Times', *Vegetation Hist. and Archaeob.* 3 (1994), S. 25-32.
- Küster (1995): Hansjörg KÜSTER, 'Weizen, Pfeffer, Tannenholz. Botanische Untersuchungen zur Verbreitung von Handelsgütern in römischer Zeit', *MBAH* 14/2 (1995) S. 1-26.
- Kuhnen (1992): H.-P. Kuhnen (Hrsg.), *Gestürmt – Geräumt – Vergessen? Der Limesfall und das Ende der Römerherrschaft in Südwestdeutschland* (Führer u. Bestandskat. Würtemb. Landesmus. Stuttgart Arch. Slg. 2), Stuttgart 1992.
- Kuhnen (1992a): Hans-Peter KUHNEN, 'Die Krise des 3. Jahrhunderts in Südwestdeutschland: Not, Gewalt und Hoffnung', in: Kuhnen (1992), S. 31-53.

- Kunow (1994): Jürgen KUNOW, 'Die ländliche Besiedlung im südlichen Teil von Niedergermanien', in: H. Bender & H. Wolff (Hrsg.), *Ländliche Besiedlung und Landwirtschaft in den Rhein-Donau-Provinzen des römischen Reiches* (Passauer Universitätsschr. Arch. 2), Espelkamp 1994, S. 141-197.
- Kurzweil & Todtenhaupt (1991): Andreas KURZWEIL & Dieter TODTENHAUPT, 'Technologie der Holzteergewinnung', *Acta Praehist. et Arch.* 23 (1991), S. 63-91.
- Lalou (1992): Élisabeth LALOU (Hrsg.), *Les tablettes à écrire de l'antiquité à l'époque moderne*. Actes du colloque international du Centre National de la Recherche Scientifique Paris, Institut de France, 10–11 octobre 1990 (Bibliologia 12), Turnhout 1992.
- Landels (1989): John G. LANDELS, *Die Technik in der antiken Welt*, München 1989.
- Laubenheimer (2001): Fanette LAUBENHEIMER, 'L'atelier de Sallèles d'Aude et son évolution dans le temps', in: F. Laubenheimer (Hrsg.), *20 ans de recherches à Sallèles d'Aude*, Paris 2001, S. 11-24.
- Leih (2008): Sabine LEIH, 'Der Hafen der Colonia Ulpia Traiana', in: M. Müller, H.-J. Schalles & N. Zieling (Hrsg.), *Colonia Ulpia Traiana: Xanten und sein Umland in römischer Zeit* (Xantener Ber. Sonderb. – Gesch. Stadt Xanten 1), Mainz 2008, S. 447-469.
- Lenz (1999): Karl H. LENZ, 'Die ländliche Besiedlung der frühen und mittleren Kaiserzeit im Hinterland des römischen Köln', *KJ* 32 (1999), S. 807-821.
- Locher (1991): Albrecht LOCHER, 'Antike Texte zur Holzteergewinnung', *Acta Praehist. et Arch.* 23 (1991), S. 111-115.
- Löffl (2011): Josef LÖFFL, 'Gedanken zum Einsatzspektrum der Ressource Holz in der römischen Armee', in: Scherrer (2011), S. 167-174.
- Loir (1940): Erasme LOIR, *L'industrie de la résine dans les Causses à l'époque gallo-romaine*, Nancy 1940.
- Luik (1992): Martin LUIK, 'Die Reduktion der Kastellbäder – Anzeichen für Rohstoffmangel', in: Kuhnen (1992), S. 69-71.
- Mangartz (2010): Fritz MANGARTZ, *Die byzantinische Steinsäge von Ephesos* (Monogr. RGZM 86), Mainz 2010.
- Manning (1975): William H. MANNING, 'Roman Military Timber Granaries in Britain', *SJ* 32 (1975), S. 105-129.
- Marichal (1992): Robert MARICHAL, 'Les tablettes à écrire dans le monde romain', in: Lalou (1992), S. 165-185.
- Marlier (2008): Sabrina MARLIER, 'Architecture et espace de navigation des navires à dolia', *Archaeonautica* 15 (2008), S. 153-173.
- Marlière (2002): Élise MARLIÈRE, *L'outre et le tonneau dans l'Occident romain*, Montagnac 2002.
- Martin-Kilcher & Witteyer (1998/99): Stefanie MARTIN-KILCHER & Marion WITTEYER, 'Fischaucenhandel und Rheinufertopographie in Mogontiacum. Zu einer Gruppe südspanischer Amphoren mit Tituli picti und ihrer Fundlage im topographischen Kontext', *MAZ* 5/6 (1998/99), S. 45-122.
- Mays (1971): Walter J. MAYS, 'Die Ulpian-Tafel', *Bf. Dtsch. Ges. Versicherungs- u. Finanzmath.* 10/2, (1971), S. 271-292.

- McCarthy (1986): Michael R. MCCARTHY, 'Woodland and Roman Forts', *Britannia* 17 (1986), S. 339-343.
- Meiggs (1982): Russell MEIGGS, *Trees and Timber in the Ancient Mediterranean World*, Oxford 1982.
- Mensching (1981): Eckart MENSCHING, 'Die Koblenzer Rheinbrücke, P. Pomponius Secundus und der Brückenbau an Rhein und Mosel', *BJ* 181 (1981), S. 325-354.
- Meurers-Balke (2007): Jutta MEURERS-BALKE, 'Zu den Gehölzen im römischen Rheinland unter Berücksichtigung möglicher Straßenbepflanzungen', in: J. Kunow (Hrsg.), *Erlebnisraum Römerstraße Köln – Trier. Erststadt-Kolloquium 2007* (Mat. Bodendenkmalpfl. Rheinland 18), Bonn 2007, S. 65-84.
- Meurers-Balke & Kalis (2005): Jutta MEURERS-BALKE & Arie J. KALIS, 'Ein Pollendiagramm als Spiegel der Besiedlungsgeschichte', in: H.G. Horn, H. Hellenkemper & G. Isenberg (Hrsg.), *Von Anfang an. Archäologie in Nordrhein-Westfalen* (Schr. Bodendenkmalpfl. Nordrhein-Westfalen 8), Mainz 2005, S. 195-200.
- Meurers-Balke u.a. (1999): Jutta MEURERS-BALKE, Arie J. KALIS, Renate GERLACH & Antonius JÜRGENS, 'Landschafts- und Siedlungsgeschichte des Rheinlandes', in: Koschik (1999), S. 11-66.
- Meyer (2004): Elizabeth A. MEYER, *Legitimacy and Law in the Roman World: Tabulae in Roman Belief and Practice*, Cambridge 2004.
- Milne (1985): Gustav MILNE, *The Port of Roman London*, London 1985.
- Miniero (1987): Paola MINIERO, 'Studio di un carro romano dalla Villa c.d. di Arianna a Stabia', *MEFRA* 99/1 (1987), S. 171-209.
- Mols (1999): Stephan T.A.M. MOLS, *Wooden Furniture in Herculaneum. Form, Technique and Function*, Leiden 1999.
- Mrozek (1989): Stanislaw MROZEK, *Lohnarbeit im klassischen Altertum*, Bonn 1989.
- Mulliez (1982): Dominique MULLIEZ, 'Notes sur le transport du bois', *BCH* 106 (1982), S. 107-118.
- Nau u.a. (2008): Erich NAU, Aude MONGIATTI & Thilo REHREN, 'Experimentelle Verhüttung von Hüttenberger Erz. Experiment und Naturwissenschaftliche Auswertung', in: Cech (2008), S. 272-289.
- Nenninger (2001): Marcus NENNINGER, *Die Römer und der Wald. Untersuchungen zum Umgang mit einem Naturraum am Beispiel der römischen Nordwestprovinzen* (Geogr. Hist. 16), Stuttgart 2001.
- Nenninger (2005): Marcus NENNINGER, 'Forstwirtschaft und Energieverbrauch. Der Wald in der Antike', in: *Imperium Romanum. Roms Provinzen an Neckar, Rhein und Donau. Begleitband zur Großen Landesausstellung Baden-Württemberg 2005 im Kunstgebäude Stuttgart vom 1. Oktober 2005 bis 8. Januar 2006*, Stuttgart 2005, S. 388-392.
- Neyses (1986): Mechthild NEYSES, 'Dendrochronologie und Dendroarchäologie – Nachbardisziplinen der Forstwissenschaft', in: *Wald und Holz im Wandel der Zeit. Katalog einer Sonderausstellung*, Trier 1986, S. 63-86.
- Nicolussi (1998): Kurt NICOLUSSI, 'Die Bauhölzer der Via Claudia Augusta bei Lermoos (Tirol)', in: E. Walde, *Via Claudia. Neue Forschungen*, Telfs 1998, S. 113-145.

- Nicolussi u.a. (2001/02): Kurt NICOLUSSI, Gerhard LUMASSEGER, Gernot PATZELT, Peter PINDUR & Peter SCHIESSLING, 'Aufbau einer holozänen Hochlagen-Jahrring-Chronologie für den Ostalpenraum. Möglichkeiten und erste Ergebnisse', *Jahresber. Innsbrucker Geogr. Ges.* 16 (2001/02), S. 114-136.
- Nikulka (1995): Frank NIKULKA, 'Frühe Eisenerzverhüttung und ihr experimenteller Nachvollzug: eine Analyse bisheriger Versuche', in: M. Fansa (Hrsg.), *Experimentelle Archäologie – Bilanz 1994* (Arch. Mitt. Nordwestschl. Beih. 8), Oldenburg 1995, S. 255-310.
- Nörr (1965): Dieter NÖRR, 'Zur sozialen und rechtlichen Bewertung der freien Arbeit in Rom', *ZRG* 82 (1965), S. 67-105.
- Nuber (2005): Hans U. NUBER, 'Villae Rusticae. Römische Bauernhöfe und Landgüter in Baden-Württemberg', in: *Imperium Romanum. Roms Provinzen an Neckar, Rhein und Donau. Begleitband zur Großen Landesausstellung Baden-Württemberg 2005 im Kunstgebäude Stuttgart vom 1. Oktober 2005 bis 8. Januar 2006*, Stuttgart 2005, S. 270-277.
- Parker (1992): Anthony J. PARKER, *Ancient Shipwrecks of the Mediterranean and the Roman Provinces* (BAR Internat. Ser. 580), Oxford 1992.
- Paynter (2008): Sarah PAYNTER, 'Experiments in the Reconstruction of Roman Wood-Fired Glassworking Furnaces: Waste Products and their Formation Processes', *JGS* 50 (2008), S. 271-290.
- von Petrikovits (1981a): Harald VON PETRIKOVITS, 'Die Spezialisierung des römischen Handwerks', in: H. Jankuhn, W. Janssen, R. Schmidt-Wiegand & H. Tiefenbach (Hrsg.), *Das Handwerk in vor- und frühgeschichtlicher Zeit I: Historische und rechtshistorische Beiträge und Untersuchungen zur Frühgeschichte der Gilde*, Göttingen 1981, S. 63-140.
- von Petrikovits (1981b): Harald VON PETRIKOVITS, 'Die Spezialisierung des römischen Handwerks II (Spätantike)', *ZPE* 43 (1981), S. 285-307.
- Pietsch (2006): Martin PIETSCH, 'Ganz aus Holz. Römische Gutshöfe in Poing bei München', mit einem Anhang römischer Zaungräbchen, in: G. Seitz (Hrsg.), *Im Dienste Roms. Festschrift für Hans Ulrich Nuber*, Remshalden 2006, S. 339-349.
- Plekhet (1990): Henri W. PLEKET, 'Wirtschaft', in: Fr. Vittinghoff (Hrsg.), *Europäische Wirtschafts- und Sozialgeschichte in der römischen Kaiserzeit* (Handb. Europ. Wirtschafts- u. Sozialgesch. 1), Stuttgart 1990, S. 25-160.
- Polak u.a. (2004): Marinus POLAK, Robert P.J. KLOOSTERMAN & Ryan A.J. NIEMEIJER, *Alphen aan den Rijn – Albaniana 2001–2002. Opgravingen tussen de Castellumstraat, het Omloopkanaal en de Oude Rijn* (Lib. Noviomag. 7), Nijmegen 2004.
- Pothhoff (2005): Anke POTTHOFF, 'Gefaß – Fässer als Transportverpackungen in Nordwesteuropa im 1. Jahrtausend nach Christus', in: H. Eilbracht, V. Brieske & B. Grodde (Hrsg.), *Itinera Archaeologica. Vom Neolithikum bis in die frühe Neuzeit. Festschrift für Torsten Capelle zum 65. Geburtstag* (Internat. Arch. Stud. Hon. 22), Rahden 2005, S. 217-229.
- Pugsley (2003): Paola PUGSLEY, *Roman Domestic Wood. Analysis of the Morphology, Manufacture and Use of Selected Categories of Domestic Wooden Artefacts with particular reference to the Material from Roman Britain* (BAR Brit. Ser. 1113), Oxford 2003.

- Reichel (1997): Wolfgang REICHEL, 'Heizversuche in der rekonstruierten Herbergstherme in Xanten', *Gesundheits-Ing.* 118/4 (1997), S. 190-195.
- Reichel (2007): Wolfgang REICHEL, 'Die Flächenheizung und der Fenstereinfluß auf die Behaglichkeit im Warmbad', *Gesundheits-Ing.* 128/2 (2007), S. 79-85.
- Rieche & Rook (1993): Anita RIECHE & Tim ROOK, 'Fuel Trials at Xanten. Heizversuche in den römischen Thermen im Archäologischen Park Xanten', *Balnearia* 1/2 (1993), S. 2-6.
- Rieche & Schneider (2002): Anita RIECHE & Beate SCHNEIDER (Hrsg.), *Archäologie virtuell. Projekte, Entwicklungen, Tendenzen seit 1995* (Schr. Bodendenkmalpfl. Nordrhein-Westfalen 6), Bonn 2002.
- Riha (2001): Emilie RIHA, *Kästchen, Truhen, Tische – Möbelteile aus Augusta Raurica* (Forsch. Augst 31), Augst 2001.
- van Rijn (2011): Pauline VAN RIJN, 'Wood Supply for the Roman Army and Reconstruction of the Woodlands from c. AD 40–140 in the Lower Rhine Delta of the Netherlands', in: Scherrer (2011), S. 41-71.
- de Robertis (1961): Francesco M. DE ROBERTIS, 'Locatio operarum e status del lavoratore', *SDHI* 27 (1961), S. 19-45.
- Röhrig u.a. (2007): Ernst RÖHRIG, Norbert Bartsch & Burghard von Lüpke, *Waldbau auf ökologischer Grundlage*, Stuttgart 2010.
- Röhring (1983): Christoph W. RÖHRING, *Untersuchungen zu römischen Reisewagen*, Koblenz 1983.
- Romeuf (1986): Anne-Marie ROMEUF, 'Les ex-voto en bois de Chamalière (Puy-de-Dôme) et des Sources de la Seine (Côte-d'or): essai de comparaison', *Gallia* 44 (1986), S. 65-89.
- Rook (1994): Tim ROOK, 'Fuel Corrections', *Balnearia* 2/2 (1994), S. 7.
- Rothenhöfer (2005): Peter ROTHENHÖFER, *Die Wirtschaftsstrukturen im südlichen Niedergermanien. Untersuchungen zur Entwicklung eines Wirtschaftsraumes an der Peripherie des Imperium Romanum* (Kölner Stud. Arch. Röm. Prov. 7), Rahden 2005.
- Rüpke (2006): Jörg RÜPKE, *Zeit und Fest. Eine Kulturgeschichte des Kalenders*, München 2006.
- Ruffing (2008): Kai RUFFING, *Die berufliche Spezialisierung in Handel und Handwerk. Untersuchungen zu ihrer Entwicklung und zu ihren Bedingungen in der römischen Kaiserzeit im östlichen Mittelmeerraum auf der Grundlage griechischer Inschriften und Papyri* (Pharos 24), Rahden 2008.
- Sarnowski (1996): Tadeusz SARNOWSKI, 'Die römische Anlegestelle von Novae in Moesia Inferior', in: P. Petrović (Hrsg.), *Roman Limes on the Middle and Lower Danube* (Cah. Portes Fer Monogr. 2), Belgrade 1996, S. 195-200.
- Saxer (1967): Robert SAXER, *Untersuchungen zu den Vexillationen des römischen Kaiserheeres von Augustus bis Diokletian* (Epigr. Stud. 1 – Beih. BJ 18), Köln 1967.
- Schallmayer (2004): Egon SCHALLMAYER, 'Die Limespalisade im 3. Jh. n.Chr.', in: E. Schallmayer (Hrsg.), *Limes Imperii Romani. Beiträge zum Fachkolloquium "Weltkulturerbe Limes" November 2001 in Lich-Arnsburg* (Saalburg-Schr. 6), Bad Homburg 2004, S. 29-45.

- Schallmayer (2005): Egon SCHALLMAYER, 'Neue Forschungen am Limes in Hessen. *Denkmalpfl. u. Kulturgesch.* (2005/3), S. 17-21.
- Schallmayer & Preuss (1994): Egon SCHALLMAYER & Gerhard PREUSS, 'Die Steinfunde aus dem Heiligtum von Osterburken', in: *Der römische Weihebezirk von Osterburken II. Kolloquium 1990 und paläobotanische-osteologische Untersuchungen* (Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 49), Stuttgart 1994, S. 15-73.
- Schamuhn & Zerl (2009): Silke SCHAMUHN & Tanja ZERL, 'Zur Landwirtschaft der Kelten, Römer und Germanen im Gebiet von Nordrhein-Westfalen. Kontinuität oder Wandel?', in: Rheinisches Landesmuseum Bonn (Hrsg.), *Kelten am Rhein*. Akten des dreizehnten Internationalen Keltologiekongresses, 23. bis 27. Juli 2007 in Bonn. *Erster Teil: Archäologie. Ethnizität und Romanisierung* (Beih. BJ 58/1), Mainz 2009, S. 239-250.
- Scherrer (2011): Peter SCHERRER (Hrsg.), *Lignum – Holz in der Antike*. Akten des öffentlichen interdisziplinären Symposiums 5.–7. November 2009 Graz (Keryx 1), Graz 2011.
- Schiebold (2006): Hans SCHIEBOLD, *Heizung und Wassererwärmung in römischen Thermen: Historische Entwicklung – Nachfolgesysteme – Neuzeitliche Betrachtungen und Untersuchungen* (Schr. Dtsch. Wasserhist. Ges. Sonderb. 3), Norderstedt 2006.
- Schieferdecker (1981): Franz-Dietrich SCHIEFERDECKER, 'Brückenbautechnische Überlegungen zur römischen Rheinbrücke bei Koblenz', *BJ* 181 (1981), S. 313-324.
- Schmaedecke (2002): Michael SCHMAEDECKE, 'Getreidespeicher auf Stützen – Beobachtungen zu einem Bautyp von der Antike bis zur Gegenwart', in: Chr. Bücken, M. Hoeper, N. Krohn & J. Trumm (Hrsg.), *Regio Archaeologica. Archäologie und Geschichte an Ober- und Hochrhein. Festschrift für Gerhard Fingerlin zum 65. Geburtstag* (Internat. Arch. Stud. Hon. 18), Rahden 2002, S. 423-437.
- Schmidt (2005): Burghart SCHMIDT, 'Das Bauholz für die römischen Häfen in Xanten und Köln. Eine Interpretation der dendrochronologischen Datierungen', in: H.G. Horn, H. Hellenkemper & G. Isenberg (Hrsg.), *Von Anfang an. Archäologie in Nordrhein-Westfalen* (Schr. Bodendenkmalpfl. Nordrhein-Westfalen 8), Mainz 2005, S. 201-207.
- Schmidt (2010): Burghart SCHMIDT, 'Der römische Hafen in Köln – Jahresringe offenbaren das Alter', in: Th. Otten, H. Hellenkemper, J. Kunow & M. Rind (Hrsg.), *Fundgeschichten – Archäologie in Nordrhein-Westfalen* (Schr. Bodendenkmalpfl. Nordrhein-Westfalen 9), Mainz 2010, S. 329-330.
- Schmotz (2006): Karl SCHMOTZ, 'Das hölzerne Amphitheater von Künzing, Lkr. Deggendorf. Kenntnisstand und erste Rekonstruktionsansätze nach Abschluß der Geländearbeiten im Jahr 2004', in: K. Schmotz (Hrsg.), *Vorträge des 24. Niederbayerischen Archäologentages*, Rahden 2006, S. 95-118.
- von Schnurbein (1975): Sigmund VON SCHNURBEIN, 'Riesige Weinfässer im Brunnen', *Kölner Römer-Illustrierte* 2 (1975), S. 140.
- Schoch (1989): Werner H. SCHOCH, 'Holzfunde und die daran beobachteten Bearbeitungsspuren aus Augst/BL, Grabung Theater-Nordwestecke 1986/87', in:

- U. Körber-Grohne & H. Küster (Hrsg.), *Archäobotanik* (Diss. Botanicae 133), Berlin–Stuttgart 1989, S. 89-106.
- Scholz (2002): Markus SCHOLZ, 'Reduktion und Umnutzung von Kastellbädern im Limesgebiet während des 3. Jahrhunderts', in: Chr. Bückler, M. Hoeper, N. Krohn & J. Trumm (Hrsg.), *Regio Archaeologica. Archäologie und Geschichte an Ober- und Hochrhein. Festschrift für Gerhard Fingerlin zum 65. Geburtstag* (Internat. Arch. Stud. Hon. 18), Rahden 2002, S. 129-138.
- Schramm (1918): Erwin SCHRAMM, *Die antiken Geschütze der Saalburg* (Beih. SJ), Berlin 1918.
- Schrumpf (2006): Stefan SCHRUMPF, *Bestattung und Bestattungswesen im Römischen Reich. Ablauf, soziale Dimension und ökonomische Bedeutung der Totenfürsorge im lateinischen Westen*, Bonn 2006.
- Schulz (1942): Fritz SCHULZ, 'Roman Registers of Births and Birth Certificates', *JRS* 32 (1942), S. 78-91.
- Schwarz (2004): Peter-Andrew SCHWARZ, *Kastelen 1. Die prähistorischen Siedlungsreste und die frühkaiserzeitlichen Holzbauten auf dem Kastelenplateau. Die Ergebnisse der Grabungen 1991–1993.51 sowie 1979–1980.55 und 1980.53 im Areal der Insulae 1, 2, 5 und 6 in Augusta Raurica* (Forsch. Augst 21), Augst 2004.
- Schwedt (2008): Georg SCHWEDT, 'Römische Kalkbrennerei in Iversheim/Eifel', *Chemie in unserer Zeit* 42/2 (2008), S. 174-176.
- Seibel (1998): Fritz SEIBEL, *Technologie und Fertigungstechniken römischer Glashütten am Beispiel der Ausgrabungen im Hambacher Forst: aktualistische Vergleiche und Modelle*, Glienicke–Berlin 1998.
- Seidensticker (1886a): August SEIDENSTICKER, *Waldgeschichte des Alterthums. Ein Handbuch für akademische Vorlesungen etc.* Erster Band. *Vor Cäsar*, Frankfurt 1886.
- Seidensticker (1886b): August SEIDENSTICKER, *Waldgeschichte des Alterthums. Ein Handbuch für akademische Vorlesungen etc.* Zweiter Band. *Nach Cäsar*, Frankfurt 1886.
- Sell & Schnell (1988): Jürgen SELL & Günter R. SCHNELL, *Der Heizwert von Holz und seine Einflußfaktoren. Literaturoauswertung und Zusatzuntersuchungen* (EMPA IP Holz Rep. 115/18), Dübendorf 1988.
- Sennett (2008): Richard SENNETT, *Handwerk*, Berlin 2008.
- Shirley (2000): Elizabeth A.M. SHIRLEY, *The Construction of the Roman Legionary Fortress at Inchtuthil* (BAR British Ser. 298), Oxford 2000.
- Shirley (2001): Elizabeth A.M. SHIRLEY, *Building a Roman Legionary Fortress*, Stroud 2001.
- Siebert (1983): Horst SIEBERT, *Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen*, Tübingen 1983.
- Singer (2005): Christiane SINGER, *Die Vegetation des nördlichen Hessischen Rieds während der Eisenzeit, der Römischen Kaiserzeit und dem Frühmittelalter. Pollenanalytische Untersuchungen zur vegetationsgeschichtlichen Rekonstruktion eines Natur- und Siedlungsraumes unter römischem Einfluß*, Diss. Frankfurt 2005, <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/volltexte/2006/3539/>.

- Sinn & Freyberger (1996): Friederike SINN & Klaus S. FREYBERGER, *Die Grabdenkmäler. 2. Die Ausstattung des Hateriergrabes. Vatikanische Museen* (Museo Gregoriano Profano ex Lateranense. Katalog der Skulpturen I, 2 Mon. Artis Rom. 24), Köln 1996.
- Sintès (2008): Claude SINTÈS, 'Le cirque d'Arles: l'apport des fouilles depuis 1986', in: J. Nelis-Clément & J.-M. Roddaz (Hrsg.) *Le cirque romain et son image*, Bordeaux 2008, S. 203-212.
- Sölter (1974): Walter SÖLTER, 'Iversheim – Die römische Kalkbrennerei', in: K. Böhner (Hrsg.), *Nordöstliches Eifelvorland, Euskirchen, Zülpich, Bad Münstereifel, Blankenheim. Teil II: Exkursionen* (Führer vor- u. frühgesch. Denkm. 26), Mainz 1974, S. 169-177.
- Sölter (1987): Walter SÖLTER, 'Bad Münstereifel-Iversheim', In: H.G. Horn (Hrsg.), *Die Römer in Nordrhein-Westfalen*, Stuttgart 1987, S. 338-342.
- Sölter (2005): Walter SÖLTER, *Römische Kalkbrenner im Rheinland* (Rhein. Kunststätten 490), Köln 2005.
- Sommer (2009): C. Sebastian SOMMER, 'Amphitheatres of Auxiliary Forts on the Frontiers', in: T. Wilmott (Hrsg.), *Roman Amphitheatres and Spectacula: a 21st-Century Perspective*. Papers from an International Conference held at Chester, 16th–18th February, 2007 (BAR Internat. Ser. 1946), Oxford 2009, S. 47-62.
- Sommer & Kerscher (2008): C. Sebastian SOMMER & Hermann KERSCHER, 'Wo gibt's den besten Stein? Baustellen am Limes und die Höhe der Raetischen Mauer', *Arch. Jahr Bayern* (2008), S. 85-89.
- Soutou (1959): André SOUTOU, 'L'atelier de résiniers gallo-romain de Puech-Margue (Commune de La Cresse, Aveyron)', *Pallas* 8 (1959), S. 85-90.
- Spazier (2000): Ines SPAZIER, 'Das germanische Eisenverhüttungszentrum Wolkenberg in der Niederlausitz/Südbrandenburg mit über 1000 Rennöfen', *Arbeits- u. Forschber. Sächs. Bodendenkmalpfl.* 42 (2000), S. 317-331.
- Speidel (1983): Michael P. SPEIDEL, 'Legionsabteilungen aus Mainz beim Holzschlag im Odenwald', *Odenwald* 30 (1983), S. 111-114.
- Spurk u.a. (1998): Marco SPURK, Michael FRIEDRICH, Jutta HOFMANN, Sabine REMMELE, Burghart FRENZEL, Hanns H. LEUSCHNER & Bernd KROMER, 'Revisions and Extensions of the Hohenheim Oak and Pine Chronologies: New Evidence about the Timing of the Younger Dryas/Praeboreal Transition', *Radiocarbon* 40 (1998), S. 1107-1116.
- Städele (2002): Alfons STÄDELE, 'Wie viele Schanzpfähle trug ein römischer Soldat? Überlegungen zur Cincinnatus-Erzählung des Livius', *Gymnasium* 109 (2002), S. 103-122.
- Stangl (2011): Günter STANGL, 'Der Holzverbrauch in der Antike als Teil des ökologischen Fußabdrucks', in: Scherrer (2011), S. 73-86.
- Steuer (2007): Heiko STEUER, 'Besiedlungsdichte, Bevölkerungsgrößen und Heeresstärken während der älteren Römischen Kaiserzeit in der Germania magna', in: G.A. Lehmann (Hrsg.): *Römische Präsenz und Herrschaft im Germanien der augusteischen Zeit. Der Fundplatz von Kalkriese im Kontext neuerer Forschungen und Ausgrabungsbefunde. Beiträge zu der Tagung des Fachs Alte Geschichte der Universität Osnabrück und der Kommission »Imperium und*

- Barbaricum*« der Göttinger Akademie der Wissenschaften in Osnabrück vom 10. bis 12. Juni 2004 (Abh. Akad. Wissensch. Göttingen Phil.-Hist. Kl. III 279), Göttingen 2007, S. 337-362.
- Stobbe (2000): Astrid STOBBE, 'Die Vegetationsentwicklung in der Wetterau und im Lahntal in den Jahrhunderten um Christi Geburt. Ein Vergleich der palynologischen Ergebnisse', in: A. Haffner & S. von Schnurbein (Hrsg.), *Kelten, Germanen, Römer im Mittelgebirgsraum zwischen Luxemburg und Thüringen*. Akten des Internationalen Kolloquiums zum DFG-Schwerpunktprogramm "Romanisierung" in Trier vom 28. bis 30. September 1998 (Koll. Vor- u. Frühgesch. 5), Bonn 2000, S. 201-219.
- Stobbe (2009): Astrid STOBBE, 'Die Wetterau in römischer Zeit - eine waldfreie Landschaft?', in: Rheinisches Landesmuseum Bonn (Hrsg.), *Kelten am Rhein*. Akten des dreizehnten Internationalen Keltologiekongresses, 23. bis 27. Juli 2007 in Bonn. *Erster Teil: Archäologie. Ethnizität und Romanisierung* (Beih. BJ 58/1), Mainz 2009, S. 251-262.
- Szaivert & Wolters (2005): Wolfgang SZAIVERT & Reinhard WOLTERS, *Löhne, Preise, Werte. Quellen zur römischen Geldwirtschaft*, Darmstadt 2005.
- Tamerl (2011): Ingrid TAMERL, 'Das Holzfass in der römischen Antike', in: Scherrer (2011), S. 271-285.
- Taylor & Hill (2008): Mark TAYLOR & David HILL, 'Experiments in the Reconstruction of Roman Wood-Fired Glassworking Furnaces', *JGS* 50 (2008), S. 249-270.
- Tegtmeier (2004): Ursula TEGTMEIER, 'Verkohlte und unverkohlte Hölzer aus dem römischen Flottenlager Alteburg in Köln-Marienburg', *KJ* 37 (2004), S. 957-987.
- Thiel (2008): A. THIEL (Hrsg.), *Neue Forschungen am Limes*. 4. Fachkolloquium der Deutschen Limeskommission 27./28. Februar 2007 in Osterburken (Beiträge zum Welterbe Limes 3), Stuttgart 2008.
- Thomas (1992): J. David THOMAS, 'The Latin Writing-Tablets from Vindolanda in North Britain', in: Lalou (1992), S. 203-209.
- Thommen (2009): Lukas THOMMEN, *Umweltgeschichte der Antike*, München 2009.
- Thommès (2000): Peter THOMMÈS, 'Holzkohle', (RGA 15), Berlin 2000, S. 99-102.
- Thür (2011): Hilke THÜR, 'Eine geschnitzte Holzbalkendecke aus dem Festsaal des C. Flavius Furius Aptus im Hanghaus 2 in Ephesos', in: Scherrer (2011), S. 197-205.
- Tomlin (1998): Roger S.O. TOMLIN, 'Roman Manuscripts from Carlisle: the Ink Written Tablets', *Britannia* 29 (1998), S. 31-84.
- Travis (2008): John R. TRAVIS, *Coal in Roman Britain* (BAR British Ser. 468), Oxford 2008.
- Traxler (2004): Stefan TRAXLER, *Römische Guts- und Bauernhöfe in Oberösterreich* (Passauer Universitätsschr. Arch. 9), Rahden 2004.
- Trier (2010): Marcus TRIER, 'Zehn Jahre U-Bahn-Archäologie in Köln', mit einem Beitrag von Jutta Meurers-Balke und Ursula Tegtmeier, in: Th. Otten, H. Hellenkemper, J. Kunow & M. Rind (Hrsg.), *Fundgeschichten – Archäologie in Nordrhein-Westfalen* (Schr. Bodendenkmalpfl. Nordrhein-Westfalen 9), Mainz 2010, S. 233-240.
- Trubrig (1888): Julius TRUBRIG, *Die Waldwirtschaft der Römer*, Wien 1888.

- Ulbert (1959): Günter ULBERT, 'Römische Holzfässer aus Regensburg', *BVBl* 24 (1959), S. 6-29.
- Ulrich (2007): Roger B. ULRICH, *Roman Woodworking*, New Haven 2007.
- Usemann (1996): Klaus W. USEMANN, 'Stellungnahme zum Aufsatz von Dipl.-Ing. Hans-Christian Grassmann, über "Wirkungsweise und Energieverbrauch der Römischen Thermen Weissenburg/Bay."', in *Balnearia* 1994, Vol. 2.2, 4-7', *Balnearia* 4/1 (1996), S. 9.
- Verbücheln & Schneider (1990): Georg VERBÜCHELN & Knut SCHNEIDER, 'Rezente Zeugnisse historischer Waldwirtschaftweisen am Niederrhein unter besonderer Berücksichtigung acidophiler Buchenniederwälder', *Forstwissensch. Centralbl.* 109 (1990), S. 296-308.
- Visser (2010): Ronald M. VISSER, 'Growing and Felling? Theory and Evidence related to the Application of Silvicultural Systems in the Roman Period', in: A. Moore, G. Taylor, P. Girdwood, E. Harris & L. Shipley (Hrsg.), *TRAC 2009: Proceedings of the Nineteenth Annual Theoretical Roman Archaeology Conference, Ann Arbor (USA) and Southampton (UK) 2009*, Oxford 2010, S. 11-22.
- Votruba (2007): Gregory F. VOTRUBA, 'Imported Building Materials of Sebastos Harbour', Israel. *IJNA* 26/2 (2007), S. 325-335.
- de Vries & Zwolve (2004): Theo DE VRIES & Willem J. ZWOLVE, 'Roman Actuarial Science and Ulpian's Life Expectancy Table', in: L. de Ligt, E.A. Hemelrijk & H.W. Singor (Hrsg.), *Roman Rule and Civic Life: Local and Regional Perspectives*. Proceedings of the Fourth Workshop of the International Network Impact of Empire (Roman Empire, c. 200 B.C. – A.D. 476), Leiden, June 25–28, 2003, Amsterdam 2004, S. 277-297.
- Wagner-Hasel (1988): Beate WAGNER-HASEL, 'Entwaldung in der Antike? Der Mythos vom Goldenen Zeitalter', *Journal Gesch.* 4 (1988), S. 13-23.
- Waldherr (2006): Gerhard WALDHERR, 'Ein hölzernes Amphitheater in Künzing. Anmerkungen eines Althistorikers', in: K. Schmotz (Hrsg.), *Vorträge des 24. Niederbayerischen Archäologentages*, Rahden 2006, S. 119-134.
- Waldherr (2009): Gerhard WALDHERR, *Der Limes. Kontaktzone zwischen den Kulturen*, Stuttgart 2009.
- Wang (1995): Sitong WANG, *Römischer Kalkmörtel aus der Colonia Ulpia Traiana bei Xanten: Mineralogische und chemische Eigenschaften*, Diss. Karlsruhe 1995.
- Weber (2001): Gerhard WEBER, 'Frühkaiserzeitliche Holzbauten auf Auerberg-Damasia und in Cambodunum-Kempten', in: G. Precht & N. Zieling (Hrsg.), *Genese, Struktur und Entwicklung römischer Städte im 1. Jahrhundert n.Chr. in Nieder- und Obergermanien. Kolloquium vom 17. bis 19. Februar 1998 im Regionalmuseum Xanten* (Xantener Ber. 9), Mainz 2001, S. 191-201.
- Wendt (2008): Karl P. WENDT, 'Bevölkerungsdichte und Landnutzung in den germanischen Provinzen des Römischen Reiches im 2. Jahrhundert n.Chr.', *Germania* 86 (2008), S. 191-226.
- Willerding (1993): Ulrich WILLERDING, 'Zur Waldnutzung vom Neolithikum bis in die Neuzeit', *Alt-Thüringen* 27 (1993), S. 13-53.
- Willerding (2006): Ulrich WILLERDING, 'Wald', (RGA 33), Berlin 2006, S. 101-120.

- Wilson (2002): Andrew WILSON, 'Machines, Power and the Ancient Economy', *JRS* 92, 2002, 1-32.
- Wissemann (1984): Michael WISSEMAN, 'Die Spezialisierung des römischen Handels', *MBAH* 3/1 (1984), S. 116-124.
- Witteyer (1998): Marion WITTEYER, 'Mogontiacum – Militärbasis und Verwaltungszentrum. Der archäologische Befund', in: F. Dumont, F. Scherf & F. Schütz (Hrsg.), *Mainz. Die Geschichte der Stadt*, Mainz 1998, S. 1021-1058.
- Ziethen (2000): Gabriele ZIETHEN, 'Und ewig rauschen die Wälder (?) – von den Holzvorkommen der Antike zum Raubbau an der Natur', in: H. Steinecke (Hrsg.), *Xylem und Phloëm – Natur- und Kulturgeschichte des Holzes* (Palmengarten Sonderheft 33), Frankfurt 2000, S. 65-77.
- Zimmermann u.a. (2004): Andreas ZIMMERMANN, Jürgen RICHTER, Thomas FRANK & Karl P. WENDT: 'Landschaftsarchäologie II: Überlegungen zu Prinzipien einer Landschaftsarchäologie', *BRGK* 85 (2004), S. 37-95.
- Zimmermann u.a. (2009): Andreas ZIMMERMANN, Johanna HILPERT & Karl P. WENDT, 'Estimations of Population Density for Selected Periods between the Neolithic and AD 1800', *Human Biology* 81 (2009), S. 357-380.
- Zundel (1990): Rolf ZUNDEL, *Einführung in die Forstwissenschaft* (UTB Wissenschaft. 1557), Stuttgart 1990.