

## 12 Zusammenfassung

„Eine Rekonstruktion ist das Darstellen, Wiedergeben von etwas Geschehenem in den Einzelheiten seines Ablaufs.“<sup>289</sup>

In diesem Sinne wurde in einer wirtschaftsarchäologischen Studie versucht, antike Produktionsprozesse zu analysieren und zu quantifizieren. Damit sollte es möglich gemacht werden, für archäologische Befunde zugehörige Modelle des lokalen Wirtschaftens zu beschreiben und abzubilden.

Ausgangspunkt ist dabei die Kenntnis von Produkten, Produktionsanlagen und der zugehörigen Herstellungsweisen. Während archäologische Befunde Informationen zu Produkten und Produktionsanlagen liefern können, sind zu den Herstellungsweisen meist keine detaillierten Informationen vorhanden. Hier können Vergleiche mit neuzeitlichen Verfahren und experimentelle Versuche verwertbare Aussagen liefern. Dazu ist es jedoch notwendig, dass die jeweils angewandte Technologie sowie die zugehörigen Abläufe einschließlich der zugehörigen Einzelaktivitäten bekannt, rekonstruier- und quantifizierbar sind. Das Berechnen, welche Produktionskapazitäten eine Anlage gehabt haben kann, wie viele Menschen als Arbeitskräfte mindestens nötig waren und welche Mengen an Ressourcen benötigt wurden, gelingt dabei umso besser, je geringer die Produktvielfalt an einem Produktionsort gewesen ist; je einfacher ein Produktspektrum und je weniger komplex die Produktionsanlagen, desto präziser und eindeutiger die Ergebnisse. Da es sich bei der vorliegenden Studie um einen neuartigen Versuch mit interdisziplinärem Ansatz handelt, wurde deshalb zunächst nach Branchen gesucht, bei denen dies besonders ausgeprägt gegeben ist. Dazu wurden die möglichen Branchen schematisch daraufhin überprüft, ob die Technologie sowie die Abläufe und die Einzelaktivitäten bekannt und rekonstruierbar waren. Außerdem sollten ausreichend archäologische Befunde und Experimente bekannt sein. Eine Analyse der in Frage kommenden Branchen der Produktionswirtschaft in der Antike ergab dafür als geeigneten Bereich die Ziegelherstellung in den NW-Provinzen des römischen Reiches.

Die Analyse der Prozessketten bei der Ziegelherstellung und der darin verknüpften Einzelaktivitäten zeigte detaillierte Quantifizierbarkeiten, sowohl bei den eingesetzten Mengen, den technischen Anlagen – hier insbesondere bei Art und Größe der verwendeten Öfen und ihrer Kapazitäten – den Zeitwerten für die einzelnen Tätigkeiten, und daraus resultierend die möglichen Kapazitäten einzelner Anlagen. Wesentliche Daten- und Informationslieferanten waren Experimente mit römischen Öfen, Fertigungszeiten aus realen Herstellungen nach antiker Methodik, verfahrenstechnische und thermodynamische

---

<sup>289</sup> <[www.duden.de](http://www.duden.de)> (16.02.2018): „in der Archäologie wird der Begriff meist im Sinne einer Wiederherstellung, Nachbildung baulicher Gegenständlichkeit verwendet“; in der vorliegenden Arbeit ergänzen sich beide Definitionen, da sowohl bauliche als auch organisatorische Aspekte antiker Produktionsbetriebe in enger Verknüpfung betrachtet werden.

Betrachtungen zum Brennprozess, aber auch ergänzende Annahmen und Plausibilitätsbetrachtungen.

Insgesamt ist dabei eine Möglichkeit zur Abbildung des Betriebsgeschehens für Fundorte mit Ziegelöfen entstanden. Das Modell ist als „open source“-Ansatz ausgebildet: Einzeldaten, Zusammenhänge etc. sind in einer Form beschrieben und in ihrer Herleitung transparent gemacht, dass Anpassungen an neuere, andere Einzelheiten leicht möglich sind.

Für die Region der NW-Provinzen des römischen Reiches konnten Befunde zu 112 Ziegelbrennöfen ausgewertet werden. Dabei betrug die Brennkammerfläche bei den weitestmeisten Öfen (75 %) zwischen 5 und 20 m<sup>2</sup>. Als technologisch sinnvolle Höhe wurde aus Versuchen ein Wert von 2 m hergeleitet. Damit ergibt sich ein Brennkammervolumen von 10 – 40 m<sup>3</sup>. Typische baukeramische Produkte in der Region, die in diesen Öfen gebrannt wurden, sind *tegulae*, *imbrices* und *lateres*. Die zugehörigen Abmessungen dieser Ziegel stammen aus Befunden der Ziegelei in Dormagen und orientieren sich an den Standardwerten dieser Bauteile im römischen Reich. Für diese Produkte konnten aus Versuchen, Schätzungen und mit thermodynamischen Betrachtungen Bearbeitungszeiten für das Formen, Trocknen, Brennen etc. ermittelt werden. Damit war es möglich, Zeiten, Mengen, Personal- und Brennmaterialbedarf sowohl für einzelne Chargen in Brennöfen verschiedener Brennkammergrößen, als auch über die Dauer einer Brennseason von Mitte April bis Ende Oktober, als Jahresleistungen, zu ermitteln. Ofentyp war dabei der Schachtofen mit rechteckiger Brennkammerfläche und einem Heizkanal in der Mitte unterhalb des Brennkammerbodens.

Für die Ziegelei in Dormagen ergab sich so beispielsweise für einen Ofen mit 26 m<sup>3</sup> Brennkammervolumen ein Mindestpersonalbedarf von 14 Manntagen je Arbeitstag an 130 Tagen. Zusätzlich fallen noch an 38 Tagen die Vorarbeiten mit geringerem Personalbedarf für die erste Charge an, die hier vernachlässigt wurden. Während einer Saison konnten so 169 m<sup>3</sup> Lehm verarbeitet werden. Abbau und Antransport des eingesetzten Lehms sind dabei noch nicht berücksichtigt; ebenso wenig die Gewinnung und der Antransport des Brennmaterials und der Abtransport der Fertigware. Hierfür wurden separate Berechnungen angestellt. Dazu wurden die zugehörigen Prozessketten dieser Leistungen ebenfalls einer Strukturierung, Analyse und Quantifizierung zugeführt. Während für den Lehmabbau auf Tabellenwerte für das Graben von Hand zurückgegriffen werden konnte und für die Transporte für die verschiedenen Transportarten Maximallasten und Transportgeschwindigkeiten verfügbar waren, gestalteten sich die Betrachtungen zum Brennmaterial komplizierter: selbst wenn von der berechtigten Annahme ausgegangen werden kann, dass bevorzugt Holz als Brennmaterial eingesetzt wurde, liegen trotzdem keine Angaben über Waldbestände und Details zur Holzgewinnung in quantifizierter Form vor. Deshalb wurde hier von einem Modell ausgegangen, das Orientierungsgrößen für die erheblichen Aufwendungen bei der Brennmaterialgewinnung und den Verbrauch an Waldfläche bietet. So wurden drei verschiedene Bestände an Waldflächen beschrieben, hinsichtlich ihres Holzvorrates quantifiziert und mit einem heute noch bestehenden, seit

Jahrhunderten naturbelassenen Waldgebiet abgeglichen, um eine Verknüpfung zu möglichen Wäldern in römischer Zeit herzustellen. Diesen Beständen wurden die ermittelten Bedarfe für das Brennmaterial gegenübergestellt. So konnten Aussagen zum Umfang von eventuell erfolgten Flächenrodungen gewonnen werden. Außerdem wurden die Arbeiten ermittelt und quantifiziert, die mindestens notwendig sind, um Bäume aus diesen Beständen mit der Axt in das benötigte Scheitholz und Reisig aufzuarbeiten. Der so ermittelte Personalbedarf ergab sich zu mindestens 30% der in der Ziegelei benötigten Mitarbeiter.

So entstand insgesamt ein umfassendes, quantifiziertes Modell für das Ziegelbrennen mit Schachtöfen für die NW-Provinzen des römischen Reiches, das flexibel für verschieden große Brennöfen in lokalen Befunden angewendet werden kann.

Auffallend ist bei der Ziegelherstellung, dass der größte Teil des benötigten Personals kein spezielles Knowhow zu benötigen scheint; lediglich die Former, die auch für die Aufbereitung des Lehms zuständig sind und die Brenner müssen vom Fach und erfahren sein; die in größerem Umfang benötigten Zuarbeiter jedoch nicht. Somit erscheint das Ziegeleigewerbe angesichts der bei dieser Personalkonstellation absehbaren geringen Herstellkosten als sehr einträgliche Branche.

In Erweiterung der Betrachtungen wurde versucht, die Verhältnisse bei den in wesentlich größerem Umfang eingesetzten Ziegeln für das Errichten von Bauten in Rom ebenfalls zu rekonstruieren. Dabei war auffallend, dass nur relativ wenige Informationen zu den dortigen Brennöfen vorliegen. Gleichwohl machen die verfügbaren Quellen den Einsatz von Schachtöfen des in den NW-Provinzen vorgefundenen Typs sehr wahrscheinlich. Da außerdem wegen der Normung der Baukeramik in römischer Zeit die Produkttypen vergleichbar sind, können die Rekonstruktionen für die NW-Provinzen auf die Ziegelproduktion für Rom übertragen werden. Die Einfachheit und Eindeutigkeit des Prozesses und der Aktivitäten lassen für Italien keine relevanten Abweichungen erwarten. Auf dieser Grundlage konnten für die im Bau der Caracalla-Thermen verarbeiteten Ziegel Berechnungen zu den Produktionsanlagen vorgenommen werden: bei einer 5 Jahre dauernden Produktionszeit waren für die benötigte Ziegelmenge ca. 92 parallel zu betriebe Öfen notwendig; in den zugehörigen Ziegeleien fielen ca. 1.300 MT je AT an, sowie zusätzlich 18 MT je AT für den Lehmabbau und 135 MT je AT für die Brennmaterialgewinnung (bei jeweils 350 AT/a) an. 133 MT je AT wurden für Transporte der Produkte per Schiff auf dem Tiber ermittelt; mindestens 35 Schiffe waren dabei einzusetzen. Für die Landtransporte von der Anlandestelle zur Baustelle in Rom sind weitere 37 MT/AT zu veranschlagen. Bei den MT/AT-Angaben wurden dabei für einzelne Aktivitäten unterschiedliche Werte für die Anzahl AT je Jahr berücksichtigt, wie sie bei Saisonarbeiten (Ziegelherstellung nur in den Sommermonaten und Brennmaterialgewinnung in Herbst und Winter) anzunehmen sind.

Die hier vorgestellte/erarbeitete Rekonstruktion von Betriebsmodellen unter Verwendung von Prozesskettenanalysen für Ziegeleien und der benachbarten Prozesse für die

Brennmaterialgewinnung und die Transporte konnte somit nicht nur für die NW-Provinzen, sondern auch für die Herstellung von Ziegeln für Bauten in Rom einen geeigneten Beitrag zur Quantifizierung des lokalen Wirtschaftsgeschehens liefern.

Auf der Grundlage dieser erfolgreich angewendeten Methodik sollten auch für andere Branchen ähnliche Betriebsmodelle für antike Produktionsbetriebe herleitbar sein.

Die Tatsache, dass bei den Modellen einige Werte als Annahme eingesetzt werden mussten, schmälert nicht deren Aussagekraft; einerseits erforderte die Qualität der historischen Berichterstattung dieses Vorgehen, andererseits liegen die gewählten Angaben in als plausibel eingeschätzten Bereichen und sind wegen der Transparenz der Modelllandschaft für weitere Studien oder Simulationen leicht änderbar. Ergebnisse und Zusammenhänge der vorliegenden Arbeit liefern dazu die Referenzplattform.