

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE

in Europa

Bilanz 2007



Die Rolle der Experimentellen Archäologie in systemdynamischen Modellierungen zu neolithischen Feuchtbodensiedlungen

Britta Pollmann, Thomas Doppler,
Jörg Schibler, Brigitte Röder

Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Neue Grundlagen für sozialgeschichtliche Forschungen in der Prähistorischen Archäologie“ am Institut für Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie der Universität Basel¹ befassen wir uns unter anderem mit systemdynamischen Modellierungen zu neolithischen Feuchtbodensiedlungen, in die auch Daten aus der Experimentellen Archäologie einfließen. Zentrales Anliegen des Projektes ist es, bestehende epistemologische Grundlagen zu sozialgeschichtlichen Interpretationen der Schweizer Urgeschichtsforschung transparent zu machen und darauf aufbauend neue Grundlagen für sozialgeschichtliche Forschungen zu entwickeln. Diese neuen Grundlagen integrieren in interdisziplinärer Weise das sozialgeschichtliche Potential von Archäozoologie, Archäobotanik, Anthropologie/Demographie und den Gender Studies. Um dieses Potential systematisch auszuloten, stellen wir innovative Ansätze aus dem (inter-)nationalen Umfeld zusammen und entwickeln sie in interdisziplinärer Zusammenarbeit theoretisch und methodisch weiter. Diese neuen Ansätze werden wir im Rahmen von Fallstudien anwenden und testen. Gegenstand der Fallstudien sind ausgewählte neolithische Feuchtbodensiedlungen aus der Schweiz, die mit ih-

rer großen Zahl jahrgenau dendrodatierter Befunde und ihrem reichen organischen Fundmaterial optimale Voraussetzungen für solche Untersuchungen bieten.

In diesen Kontext von Methodenentwicklung und Theoriebildung gehört auch die Entwicklung systemdynamischer Modelle. Sie haben zum Ziel, komplexe wirtschafts- und sozialgeschichtliche Abläufe, die wir für neolithische Siedlungsgemeinschaften annehmen, zu konzeptualisieren und zu visualisieren. In die Modellierungen werden neben den primären Daten aus Archäologie und Archäobiologie auch Erkenntnisse aus der Anthropologie/Demographie und Ethnologie eingehen, die es erlauben, soziale Parameter in die Modelle zu integrieren. Ein wichtiger Bestandteil werden darüber hinaus auch Resultate aus der Experimentellen Archäologie sein. Mit diesem Beitrag möchten wir zeigen, wie Daten der Experimentellen Archäologie gewinnbringend in solche Modellierungen einbezogen werden können, und wie umgekehrt auch die Experimentelle Archäologie von einem solchen Ansatz profitieren kann.

Bisherige Modellierungen

Schon vor über 20 Jahren wurden mittels Tabellenkalkulation archäo(bio)logische Modellierungen durchgeführt. Bereits 1985 ist auf dieser Basis ein erstes Wirtschaftsmodell zu einer neolithischen Siedlung am Zürichsee erarbeitet worden (JACOMET, SCHIBLER 1985), das im Laufe der Zeit auf vielfältige Art und Weise weiterentwickelt wurde (GROSS et al. 1990. EBERSBACH 2002. HOTZ et al. 2002).

Bei all diesen auf Subsistenz – hier verstanden als Deckung des minimal zum Überleben erforderlichen Nahrungsbedarfs – ausgerichteten Modellierungen liegt der Fokus bei den Nahrungsressourcen. Die einheitliche Quantifizierung erfolgt dabei über den Kalorienoutput einzelner Nahrungsmittel, der in Relation zum Bedarf der Bevölke-

rung gesetzt wird, um zu prüfen, ob ausreichende Ernährung gewährleistet ist. Durch die Verwendung einer Exceltabelle ist es möglich, verschiedene Parameter zu ändern, um zu beobachten, welche Auswirkungen daraus resultieren. Diese Methode war eine erste Annäherung in Richtung eines besseren Verständnisses komplexer Subsistenz-Systeme. Die verwendeten Excel-Tabellen sind jedoch relativ unübersichtlich. Simulationen, die eine bestimmte Zeitspanne umfassen, können nur durch mehrfache Wiederholung und Eingabe der neuen Ausgangsparameter erfolgen. Auch konnten wichtige soziale Parameter, die uns im Rahmen unseres Projektes besonders interessieren, bislang nicht in die Tabellenkalkulation einfließen.

Die genannten Punkte haben uns bewogen, statt mit dem bisherigen Ansatz mit systemdynamischen Modellierungen – und zwar mit der Software STELLA – zu arbeiten.² Ein weiteres Novum ist, dass wir durch die Integration sozialer Parameter die bisherigen, stark an der Wirtschaft orientierten Modelle erweitern und erstmals die Verknüpfung von sozial- und wirtschaftsgeschichtlichen Parametern und ihre Wechselwirkungen in den Fokus nehmen. Diese neue, systemdynamische Herangehensweise soll in diesem Artikel vorgestellt werden.

Modellbildungsprozess und systemdynamische Modelle

Ein Modell muss stets als Simplifizierung der Realität verstanden werden (SHI, GILL 2005). Gebräuchliche Anwendungsbereiche für systemdynamische Modellierungen sind Politik, Ökonomie, Technik, Ökologie und Soziologie (z. B. TAO, LI 2007. KAMATH, ROY 2007. MIN et al. 2007).³ Neu ist die Anwendung dieser Methode für sozialgeschichtliche Fragestellungen im Kontext der Prähistorischen Archäologie. Mit dem systemdynamischen Ansatz können ver-

schiedene Faktoren und deren kausale Zusammenhänge beschrieben und graphisch dargestellt werden. Dabei können dynamische Abläufe erfasst und mittels einer Simulation Prognosen erstellt werden. Bei der Ausarbeitung systemdynamischer Modelle wird in vier Schritten vorgegangen, die hier kurz erwähnt und weiter unten am Beispiel „Bau von Einbäumen“ ausgeführt werden:

1. Bestimmung des zu analysierenden Sachverhaltes: z. B. Herstellung von Einbäumen
2. Qualitative Modellierung des realen Systems (mentales Modell): z. B. Benennung der Parameter, die bei der Herstellung von Einbäumen eine Rolle spielen und Bewertung der positiven oder negativen Einflüsse, die sie auf die anderen Parameter ausüben (Abb. 1)
3. Quantitative Modellierung der einzelnen Verknüpfungen (konkretisieren des mentalen Modells mittels Einsatz von Zahlen und Formeln in STELLA): z. B. in Bezug zum Bau von Einbäumen (Abb. 2)
4. Simulation der zeitlichen Entwicklung (mit STELLA): z. B. des Baus von Einbäumen über einen Zeitraum von zehn Tagen (Abb. 3)

Da Einzelpersonen dazu tendieren, komplexe Sachverhalte basierend auf subjektiven Erfahrungen zu analysieren, bietet sich interdisziplinäre Teamarbeit an, die es erleichtert, den Modellbildungsprozess effektiver zu gestalten. Die Diskussion und gegenseitige Hinterfragung im Team kann bei der Erarbeitung systemdynamischer Modelle neue Fragen generieren, den Lerneffekt erhöhen, den Blick weiten und die Konsensbildung wie auch die Übereinkunft zu gemeinsamen, fachübergreifenden Resultaten fördern (SHI, GILL 2005, 228). Entsprechend gehen wir auch bei der Modellierung innerhalb unseres Projektes vor. In Teamarbeit werden aus den Fachgebieten der Archäologie, Archäobiologie, den Gender Studies und der Anthropolo-

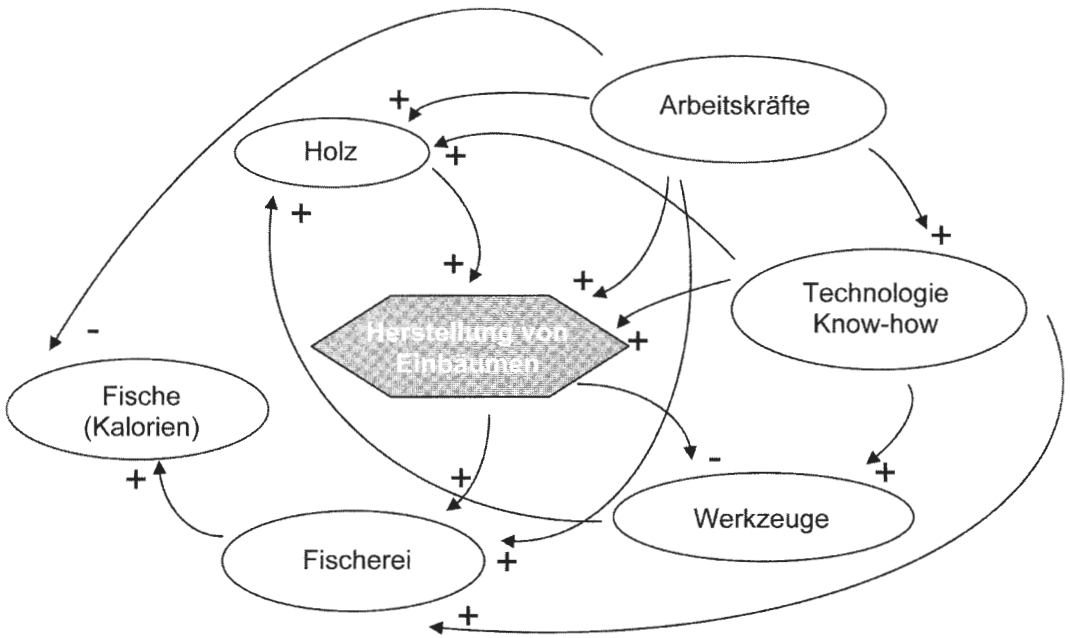


Abb. 1: Mentales Modell. Die Herstellung von Einbäumen wurde als zentraler Sachverhalt gewählt. Die positive oder negative Einflussnahme von Faktoren, die zur Herstellung von Einbäumen und zur Fischerei auf offenem See (Verwendung von Einbäumen) miteinander verknüpft sind, ist durch Pfeile visualisiert. Beispiel für eine positive Rückkopplung: Je mehr Einbäume hergestellt werden, desto umfangreicher kann die Fischerei auf offenem See sein und desto mehr Fische (Kalorien) stehen zur Verfügung. Beispiel für eine negative Rückkopplung: Je mehr Arbeitskräfte vorhanden sind und je mehr Fisch gegessen wird, desto weniger Fische (Kalorien) stehen zur Verfügung.

gie (v. a. Demographie) Einflussparameter zusammengetragen und in einem (oder mehreren) Modell(en) – z. B. zur Frage der Arbeitsorganisation in einer neolithischen Feuchtbodensiedlung – miteinander verknüpft. In genau diesem Kontext kann auch die Experimentelle Archäologie ihren Beitrag leisten: Wer von der praktischen Seite kommt, kennt möglicherweise weitere Faktoren, die in einem systemdynamischen Modell berücksichtigt werden sollten.

Zur Erläuterung und Illustration einer systemdynamischen Modellierung haben wir für diesen Artikel ein konkretes, nicht allzu komplexes Beispiel gewählt: die Herstellung von Einbäumen innerhalb einer neolithischen Siedlungsgemeinschaft. Das zu modellierende System wird gemäß den

oben erwähnten Schritten auf die wesentlichen und archäologisch fassbaren Parameter und Wechselwirkungen reduziert. Die Simulationen dienen in unserem Zusammenhang nicht der Prognose, sondern vielmehr der Visualisierung von Prozessabläufen verschiedener Szenarien.

Systemdynamische Modellbildung anhand eines ausgewählten Beispiels

Es ist schwierig, einzelne Sachverhalte, die innerhalb einer Siedlungsgemeinschaft wirken, herauszulösen und sie in einem Teilmodell zu beschreiben. Um das Modell übersichtlich zu halten und die Rolle der Experimentellen Archäologie zu erläutern, haben wir uns entschieden, den Bau von

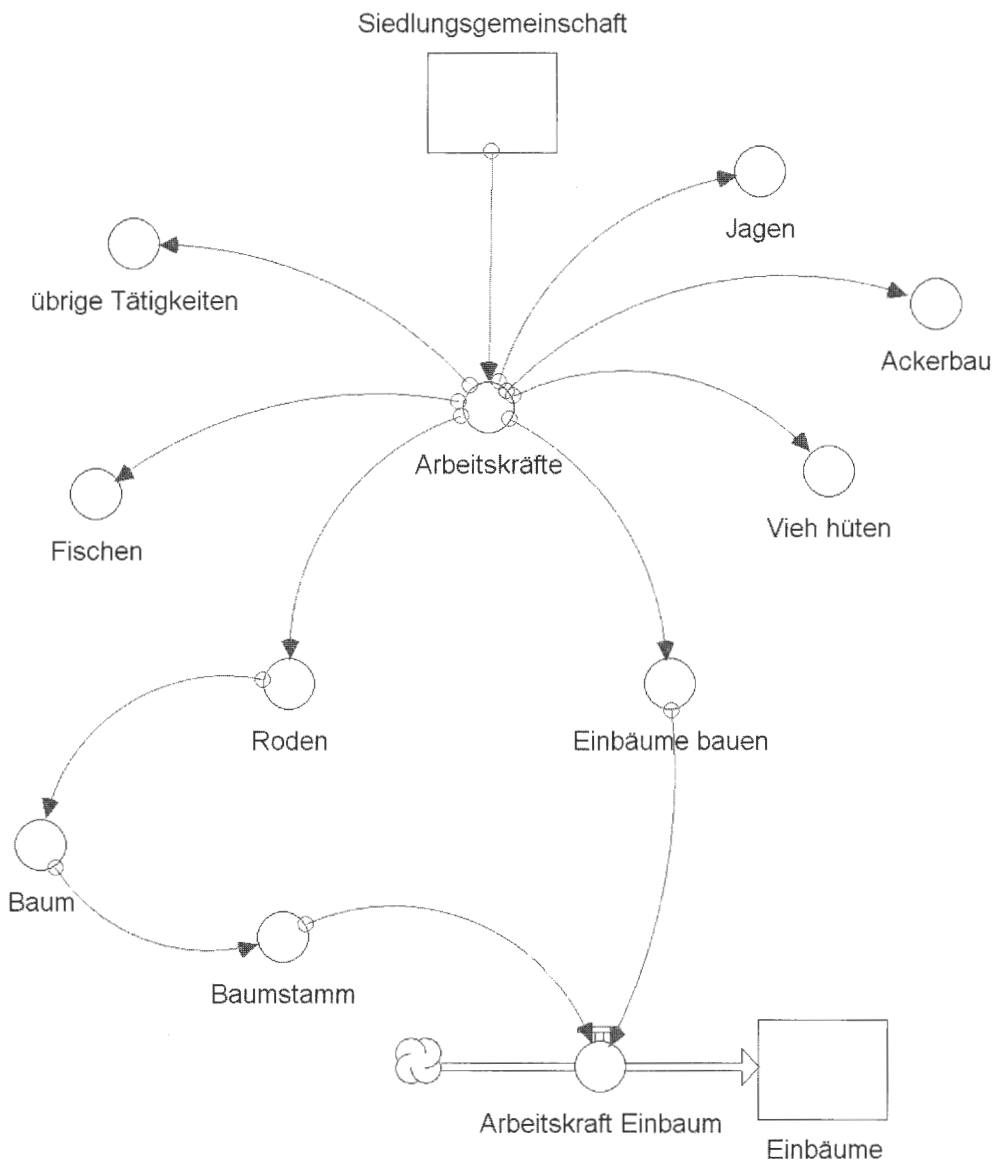


Abb. 2: Quantitatives Computermodell (mit dem Computerprogramm STELLA): Die im mentalen Modell benannten Parameter (Abb. 1) werden mit konkreten mathematischen Werten und Funktionen versehen. Bei der quantitativen Umsetzung werden einzelne Parameter durch die Verwendung von „stocks“, „flows“, „converters“ und „connectors“ unterschiedlich gewichtet (stock = Rechteck, flow = dicker Pfeil, converter = Kreis, connector = dünner Pfeil). Werte und Formeln des Modells: STOCK: $\text{Einbäume}(t) = \text{Einbäume}(t - dt) + (\text{Arbeitskraft_Einbaum}) * dt$; initial value $\text{Einbäume} = 0$. INFLOWS: $\text{Arbeitskraft_Einbaum} = (\text{Einbäume_bauen}/\text{Baumstamm}) * 0.2$ STOCK: $\text{Siedlungsgemeinschaft}(t) = \text{Siedlungsgemeinschaft}(t - dt)$; initial value $\text{Siedlungsgemeinschaft} = 200$. CONVERTER: $\text{Ackerbau} = \text{Arbeitskräfte} * 0.3$; $\text{Arbeitskräfte} = \text{Siedlungsgemeinschaft} * 0.8$; $\text{Baum} = \text{Roden} * 0.5$; $\text{Baumstamm} = \text{Baum} * 1$; $\text{Einbäume_bauen} = \text{Arbeitskräfte} * 0.05$; $\text{Fischen} = \text{Arbeitskräfte} * 0.1$; $\text{Jagen} = \text{Arbeitskräfte} * 0.05$; $\text{Roden} = \text{Arbeitskräfte} * 0.05$; $\text{Vieh_hüten} = \text{Arbeitskräfte} * 0.3$; $\text{übrige_Tätigkeiten} = \text{Arbeitskräfte} * 0.15$

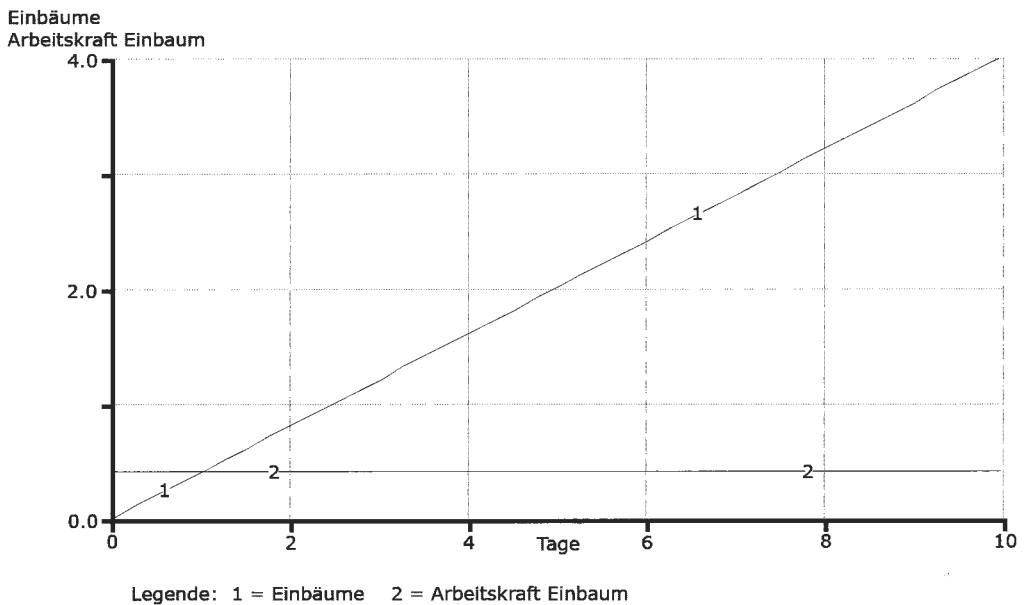


Abb. 3: Computersimulation (mit dem Programm STELLA) der Produktion von Einbäumen in Abhängigkeit von der Zeit. Gerade 1 zeigt, dass innerhalb von fünf Tagen zwei Einbäume und innerhalb von zehn Tagen vier Einbäume produziert werden können.

Einbäumen als Ausgangspunkt zu wählen (Schritt 1). Abb. 1 zeigt das mentale Modell (Schritt 2), bei dem der Bau von Einbäumen im Mittelpunkt steht. Dargestellt sind Parameter, die den Bau beeinflussen. Bei diesem mentalen Modell zur Herstellung von Einbäumen werden die verschiedenen Einflüsse und daraus resultierenden Auswirkungen durch Rückkopplungen fassbar. Diese Verbindungen zeigen an, ob positive oder negative Auswirkungen auf andere Parameter bestehen. Konkret heißt das beispielsweise: Je mehr Holz und je mehr Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, desto mehr Einbäume könnten gebaut werden. Andererseits werden durch den Bau von Einbäumen Werkzeuge abgenutzt und dadurch möglicherweise unbrauchbar, was sich in der Reduktion der Anzahl der Werkzeuge im Modell niederschlägt.

Als nächstes (Schritt 3) erfolgt die quantitative Modellierung mit Hilfe des Computerprogramms (Abb. 2). Hier werden die

bisher lediglich benannten Parameter mit konkreten mathematischen Werten und Funktionen versehen. Bei der quantitativen Umsetzung werden einzelne Parameter durch die Verwendung von „stocks“, „flows“, „converters“ und „connectors“ unterschiedlich gewichtet.⁴

Die eingesetzten Werte in unserem Demonstrationsbeispiel entsprechen keinen empirischen oder kalkulierten Daten. Es geht bei diesem Modell lediglich darum, das Vorgehen zu veranschaulichen und aufzuzeigen, wo die Experimentelle Archäologie hilfreiche Informationen liefern kann. Im vorliegenden Beispiel wird eine Bevölkerung von 200 EinwohnerInnen (EW) in einer Feuchtbodensiedlung angenommen. 80 % (160 EW) der Dorfbevölkerung sind Arbeitskräfte. Diese Zahl ist relativ hoch, da angenommen werden kann, dass Kinder in der damaligen Gemeinschaft sehr früh mit der Arbeitswelt konfrontiert wurden und verschiedene Aufgaben übernommen haben

bzw. übernehmen mussten (RÖDER in Vorbereitung). Denkbar wären z. B. Tätigkeiten wie Fischen, Hüten von Vieh, Sammeln von Früchten und Pilzen, Jagen von Kleintieren mit Fallen usw. Durch solche und ähnliche Überlegungen fließen auch soziale Aspekte in die Modellierungen ein. Bei den 80 % der arbeitenden Bevölkerung wird fiktiv angenommen, dass 30 % Ackerbau betreiben. Die weitere Verteilung zeigt den prozentualen Anteil, der jeweils für die folgenden Tätigkeiten angenommen wird: Roden 5 %, Bau von Einbäumen 5 %, Fischen 10 %, Hüten von Vieh 30 %, Jagen 5 % und 15 % Tätigkeiten, die in unserem Modell nicht näher präzisiert werden.⁵ Unser quantitatives Modell beruht auf der Annahme, dass die nachfolgenden Tätigkeiten in einem Zeitraum von zehn Tagen erfolgen.

Im Folgenden soll nun die Herstellung von Einbäumen genauer betrachtet werden. Zunächst werden Bäume gefällt. Bei unserem, der Verständlichkeit wegen einfach gehaltenem Beispiel, gehen wir davon aus, dass zwei Personen benötigt werden, um in angemessener Zeit einen geeigneten Baum zu fällen. Dieser Baum wird in fünf Tagen von zwei weiteren Personen zu einem Einbaum verarbeitet.

Möchte man eine Vorstellung davon bekommen, wie der Produktionsverlauf in den zehn Tagen aussieht, so kann man sich den Verlauf der Herstellung in einem Graphen anzeigen lassen (Abb. 3). In unserem Fall handelt es sich um eine Gerade mit positiver Steigung (0.4), da der Bau von Einbäumen kontinuierlich fortschreitet. Selbstverständlich können bei komplexeren Sachverhalten auch ganz andere mathematische Funktionen vorliegen und graphisch dargestellt werden. Denkbar wäre zudem, dass nicht eine kontinuierliche Arbeit vorliegt, sondern beispielsweise nach dem Bau von drei Einbäumen der Bedarf gedeckt ist und die Produktion gestoppt wird. Es gibt viele denkbare Möglichkeiten, und der Spielraum für verschiedene Szenarien ist unbegrenzt.

Die Rolle der Experimentellen Archäologie bei der Modellbildung

Wie in dem gezeigten Beispiel ersichtlich wird, gibt es viele Ansatzpunkte, bei denen die Experimentelle Archäologie einen wichtigen Beitrag zur Modellierung leisten kann. Bei der systemdynamischen Modellierung sind wir auf empirische Werte angewiesen. In unserem Beispiel hieße das konkret: Wie lange brauchen zwei Personen, um gemeinsam einen Baum zu fällen, der zur Herstellung eines Einbaums taugt? Wie viele geeignete Bäume können pro Tag gefällt werden? Wie lange dauert die Verarbeitung eines Baumstammes zu einem Einbaum? Ist die angenommene Zeitspanne von fünf Tagen realistisch? Sonstige Fragen, z. B. zum prozentualen Anteil der Arbeitskräfte innerhalb einer Siedlungsgemeinschaft oder zum Umfang der jeweiligen Tätigkeiten, müssen durch Erkenntnisse anderer Disziplinen und durch Analogieschlüsse auf Basis der Ergebnisse anderer Fachbereiche (z. B. Ethnologie und Volkskunde) beantwortet werden.

Abb. 4 veranschaulicht, welche Rolle die Experimentelle Archäologie bei komplexeren Modellierungen spielen kann. Die Graphik stellt drei wichtige Bereiche dar, die die Subsistenz, die hier weiter gefasst ist als in den oben erwähnten älteren Modellierungen, einer Siedlungsgemeinschaft prägen: Arbeitsorganisation – Produktion – Ernährung. Den für die Experimentelle Archäologie wichtigsten Bereich macht sicherlich die Produktion aus. Durch gezielte Experimente und die Dokumentation von Herstellungsprozessen verschiedenster Objekte können hier wichtige Informationen zu Herstellungsdauer, Materialbedarf und Arbeitseinsatz gewonnen werden. Schwieriger sind Datenerhebungen zur Ernährung. Empirische Werte könnten aber auch hier durch die Experimentelle Archäologie eingebracht werden, so z. B. durch Feldbauversuche. Viele der Kenntnisse zur Ernährung erhalten wir jedoch vor allem

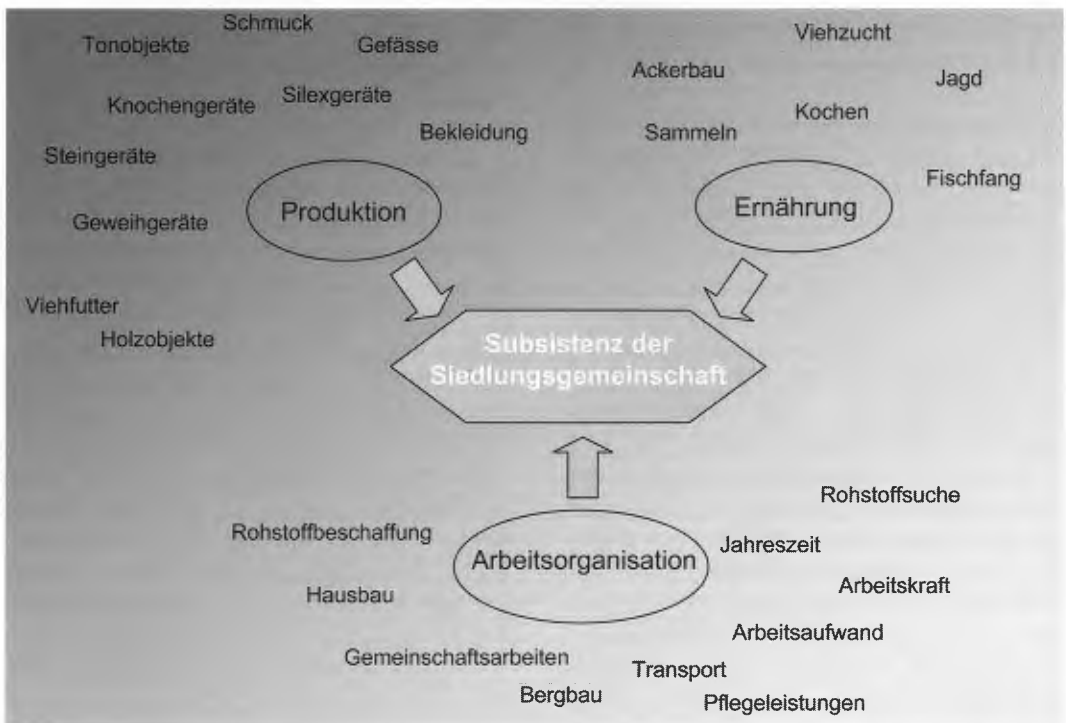


Abb. 4: Experimentelle Archäologie kann zu vielen Aspekten der Subsistenz einer neolithischen Siedlungsgemeinschaft wichtige Informationen beisteuern. Der Farbverlauf von Grau (sehr wichtig) nach Weiß (weniger wichtig) symbolisiert die Bedeutung der Experimentellen Archäologie für die jeweiligen Parameter. Wichtig dabei ist es, sich nicht nur auf die Wirtschaft zu beziehen, sondern auch auf soziale Parameter. Dazu gehören z. B. die Pflegeleistungen einer Siedlungsgemeinschaft, die in der Regel nicht berücksichtigt werden, obwohl sie für das Überleben bestimmter Bevölkerungsgruppen unerlässlich sind. Zu denken ist hier etwa an die Versorgung und Pflege von Babies, Kleinkindern sowie von kranken, behinderten und alten Menschen.

aus archäobiologischen Untersuchungen. Kenntnisse über die Arbeitsorganisation beziehen wir wiederum aus historischen und ethnographischen Quellen. Experimentelle Archäologie kann aber auch hier Beiträge liefern. Gerade die Erfahrungen bei der Rekonstruktion von Gebäuden zu neolithischen Seeufersiedlungen, wie sie z. B. am Federsee oder in Unteruhldingen am Bodensee durchgeführt wurden, geben wichtige Hinweise darauf, wie bei kollektiven Tätigkeiten die Arbeit organisiert gewesen sein könnte. Auch auf den ersten Blick unscheinbare Hinweise können wichtige Informationen liefern, so beispielsweise zu dem zu betreibenden

Aufwand für Rohstoffsuche und -beschaffung. Solche Hinweise können, kombiniert mit den archäologischen Quellen, wichtige Anhaltspunkte zu Dauer und Aufwand der Rohstoffgewinnung darstellen. Vielleicht lässt sich daraus sogar ableiten, welche Eigenschaften die Person haben musste, damit die erforderlichen Rohstoffe beschafft werden konnten. Je nach erforderlicher Körpergröße, Kraft oder Kondition könnte nämlich auch in Betracht gezogen werden, dass gewisse Arbeiten von Kindern und alten Menschen übernommen wurden. Auch ist es hilfreich zu wissen, ob für einzelne Arbeiten Spezialwissen oder langjährige Erfahrung vorauszusetzen sind.

Die Bedeutung der Modellbildung für die Experimentelle Archäologie

Wie bereits eingangs erwähnt, kann nicht nur die systemdynamische Modellierung von den Beiträgen der Experimentellen Archäologie profitieren, sondern auch umgekehrt. Als einen wichtigen Faktor in diesem Zusammenhang betrachten wir die Wissensakkumulation. In einem systemdynamischen Modell können die Daten von unterschiedlichsten Experimenten zusammengetragen und dadurch anderen Personen zugänglich gemacht werden. Dies wiederum kann eine Quelle der Inspiration sein und die Generierung neuer Fragestellungen für die Experimentelle Archäologie anstoßen. Durch solche Modellierungen können die Ergebnisse verschiedenster Experimente in einen größeren Kontext gestellt werden. Die Integration von experimentalarchäologischen Daten in ein solches Modell bedingt jedoch sorgfältige und eine klare Fragestellung verfolgende Dokumentation der verschiedenen Experimente.

Systemdynamische Modelle bieten in diesem Sinne eine Plattform, die der Experimentellen Archäologie zu Gute kommt und Ideen für die Verknüpfung verschiedener Tätigkeiten liefert. Sie kann dazu anregen, die eigenen Experimente zu erweitern und z. B. gezielt Kinder und ältere Menschen mit einzubeziehen. Aus solcher Zusammenarbeit resultiert ein Wissenszuwachs, der entscheidend dazu beiträgt, ein facettenreicheres Bild von prähistorischen Gemeinschaften zu zeichnen und zu testen, ob unsere Vorstellungen – beispielsweise von der Subsistenzsicherung – plausibel sind.

Zusammenfassung

Im Projekt „Neue Grundlagen für sozialgeschichtliche Forschungen in der Prähistorischen Archäologie“ an der Universität Basel werden u. a. mögliche soziokulturelle Aspekte der Landschafts- und Ressourcennutzung am Beispiel neolithischer

Feuchtbodensiedlungen diskutiert. Einen methodischen Zugang stellt die systemdynamische Modellierung dar. Als Grundlage dienen archäologische, archäobiologische und demographische Daten sowie soziale Parameter. Die Arbeit mit systemdynamischen Modellen ist innovativ. Sie ermöglicht die Simulation von Prozessabläufen, bei denen verschiedene soziale und wirtschaftliche Parameter berücksichtigt werden können. Anhand eines einfachen Modells soll im vorliegenden Artikel der Modellbildungsprozess vorgestellt werden. Dabei wird aufgezeigt, dass auch die Experimentelle Archäologie eine wichtige Rolle spielen kann, wenn es darum geht, empirische Werte in ein Modell zu integrieren. Es wird deutlich, dass bei einem solchen Vorgehen nicht nur die modellierenden, sondern auch die experimentierenden ArchäologInnen von einem großen Erkenntniszuwachs profitieren können.

Abstract

The project „New basis for socio-historical research in prehistoric archaeology“, currently being carried out at Basel University, discusses amongst others possible socio-cultural aspects of the landscape as well as the various ways of exploiting natural resources within the environment, by using the Neolithic lakeside settlements as examples. A methodological approach applied in the project is the ‘system dynamics’. The study is based both on archaeological, archaeobiological and demographical data and on social parameters. The ‘system dynamics’ is an innovative method of analysis, which allows us to simulate processes that include social and economic parameters. The model building process is clearly shown by the unsophisticated, but effective example discussed in this paper, which itself proves that also experimental archaeology can play an important role in the integration of empirical data into models. Therefore, we can finally

say that not only modelling archaeologists but also experimental archaeologists can certainly take advantage of the model building process.

Anmerkungen

- 1 Für detaillierte Informationen siehe auch: www.sozialgeschichte.unibas.ch
- 2 STELLA (System Thinking Experimental Learning Laboratory with Animations) zeichnet sich durch eine graphisch (flussdiagramm)orientierte Oberfläche aus, die vielseitig nutzbar und anwenderfreundlich ist. Diese Software wurde im Jahr 1985 für Apple Macintosh, später auch für Windows, entwickelt und ist jetzt in der Version 9.0.2. bei ISEEsystems erhältlich (www.iseesystems.com).
- 3 Die Modellierung dynamischer Systeme kann einen Beitrag leisten bei der Untersuchung komplexer Zusammenhänge. Komplexe Zusammenhänge zeichnen sich durch ein hohes Maß an Wechselwirkungen in einem Wirkungsgefüge mit verschiedenen Parametern aus (in unserem Beispiel illustriert am stark vereinfachten Herstellungsprozess von Einbäumen). Die Methode wurde 1958 von Forrester entwickelt und 1961 erstmals publiziert (FORRESTER 1961).
- 4 „Stocks“ akkumulieren, was hinein fließt und werden reduziert durch das, was hinaus fließt; die Aufgabe eines „flow“ ist es, einen „stock“ zu füllen oder zu entleeren; ein „converter“ beinhaltet den Wert einer Konstante und definiert externe Inputs im Modell; ein „connector“ verbindet verschiedene Modellparameter miteinander. Aus: STELLA Technical Documentation © 1997-2006 isee systems, inc.
- 5 Als Randnotiz sei hier angemerkt, dass wir nicht wissen, welche Tätigkeiten von Frauen und/oder Männern ausgeführt wurden. Insgesamt ist dies in dem hier dargelegten Kontext aber auch unerheblich.

Literatur

- EBERSBACH, R. 2002: Von Bauern und Rindern. Eine Ökosystemanalyse zur Bedeutung der Rinderhaltung in bäuerlichen Gesellschaften als Grundlage zur Modellbildung im Neolithikum. Basler Beiträge zur Archäologie 15. Basel 2002.
- FORRESTER, J. W. 1961: *Industrial Dynamics*. Cambridge (MA) 1961.
- GROSS, E., JACOMET, S., SCHIBLER, J. 1990: Stand und Ziele der wirtschaftsarchäologischen Forschung an neolithischen Ufer- und Insel-

siedlungen im Unteren Zürichseeraum (Kt. Zürich, Schweiz). In: J. Schibler, J. Sedlmeier, H. Spycher (Hrsg.), *Festschrift für Hans R. Stampfli. Beiträge zur Archäozoologie, Archäologie, Anthropologie, Geologie und Paläontologie*. Basel 1990, 77-100.

- HOTZ, G., REHAZEK, A., KÜHN, M. 2002: Modellberechnungen zur agrarwirtschaftlichen Tragfähigkeit des Siedlungsraumes Schleitheim. In: A. Burzler, M. Höneisen, J. Leicht, B. Ruckstuhl (Hrsg.), *Das frühmittelalterliche Schleitheim – Siedlung, Gräberfeld und Kirche*. Schaffhauser Archäologie 5, 2002, 459-469.
- JACOMET, S., SCHIBLER, J. 1985: Die Nahrungsversorgung eines jungsteinzeitlichen Pfynerdorfes am unteren Zürichsee. *Archäologie der Schweiz* 8, 1985, 125-141.
- KAMATH, N. B., ROY, R. 2007: Capacity augmentation of a supply chain for a short lifecycle product; A system dynamics framework. *European Journal of Operating Research* 179, 2007, 334-351.
- MIN, H.-S. J., BEYELER, W., BROWN, T., SON, Y.J. 2007: Toward modeling and simulation of critical national infrastructure interdependencies. *IIE Transactions* 39, 2007, 57-71.
- RÖDER, B. (Hrsg.) in Vorbereitung: *Archäologische Kindheitsforschung. Theorie, Methodik, Fallbeispiele (Arbeitstitel)*.
- SHI, T., GILL, R. 2005: Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: the case study of Jinshan County with a systems dynamics model. *Ecological Economics* 53, 2005, 223-246.
- TAO, Z., LI, M. 2007: System dynamics model of Hubbert Peak for China's oil. *Energy Policy* 35, 2007, 2281-2286.

Anschriften der Verfasser

Britta Pollmann, Thomas Doppler,
Jörg Schibler, Brigitte Röder
Institut für Prähistorische und
Naturwissenschaftliche Archäologie IPNA
Universität Basel
Spalenring 145
CH-4055 Basel
britta.pollmann@unibas.ch
thomas.doppler@unibas.ch
joerg.schibler@unibas.ch
brigitte.roeder@unibas.ch