

**GEBEN UND NEHMEN**

**Eine wirtschaftshistorische Studie zum neolithischen Hornsteinbergbau  
von Abensberg-Arnhofen, Kr. Kelheim (Niederbayern)  
[in IV Bänden]**

**BAND III: Weitergabe im Altneolithikum**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
im Fach Ur- und Frühgeschichte  
an der Philosophischen Fakultät  
der Universität zu Köln

vorgelegt von  
**Georg Roth**

Köln im März 2008

## BAND I – BERGBAU

1. Einführung
- 2.1. Schachtverteilung und Organisation des Abbaus
- 2.2. Fundverteilung in der Halde
- 2.3. Rohstoffverteilung im Untergrund und abgebaute Mengen

## BAND II – HORNSTEINVERARBEITUNG

- 3.1. Auswertungseinheiten
- 3.2. Auswertung der Funde

## BAND III – WEITERGABE IM ALTNEOLITHIKUM:

4. UMFANG UND ART DER HORNSTEIN-WEITERGABE .....	545
4.1. ERFORSCHUNG DER HORNSTEIN-WEITERGABE .....	545
4.1.1. Forschungsgeschichte.....	545
4.1.2. Methodik .....	558
4.1.3. Theorie .....	589
4.2. HORNSTEIN-WEITERGABE WÄHREND DER LINEARBANDKERAMIK .....	635
4.2.1. Datengrundlage .....	635
4.2.2. Verbreitung des Rohmaterials .....	649
4.2.3. Art der Weitergabe .....	665
4.2.4. Wirtschaftliche Bedeutung in der Linearbandkeramik .....	680 - 707

## BAND IV – WEITERGABE IM MITTELNEOLITHIKUM

- 4.3. Hornsteinweitergabe während des Mittelneolithikums
- 4.4. Ausblick auf die Hornsteinweitergabe vom Jung- bis zum Endneolithikum
5. Zusammenfassung: Zur prähistorischen Ökonomie des Arnhofener Hornsteins
- 6.1. Anhang zu den Interpolationen
- 6.2. Literaturverzeichnis

“Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things.“

(Waldo R. Tobler 1970)

## **4. Umfang und Art der Hornstein-Weitergabe**

### **4.1. Erforschung der Hornstein-Weitergabe**

#### **4.1.1. Forschungsgeschichte**

Im Zentrum der zwei vorangegangenen Kapitel dieser Studie standen die Gewinnung (2.) und die Verarbeitung (3.) des Hornsteins aus dem jungsteinzeitlichen Bergwerk von Abensberg-Arnhofen. Bereits die Untersuchung der Siedlungsinventare aus der näheren und weiteren Umgebung des Bergwerks sowie die zum Vergleich herangezogenen Plätze erbrachten erste Erkenntnisse zur Art und Weise der Hornstein-Weitergabe (s. o. 3.2.1. Tab. 3.8 und 3.2.2. Tab. 3.17). Auch ergaben sich bereits vage Eindrücke zum relativen Verhältnis zwischen dem altneolithischen und dem mittelpaläolithischen Produktionsumfang und zu chronologischen Unterschieden bezüglich Verarbeitung und Weitergabe.

Das folgende Kapitel beschäftigt sich speziell mit der Entwicklung des Umfangs der Weitergabe, sowie ihrer Art und Weise. Im ersten Abschnitt (4.1.1.) dieses Teilkapitels (4.1.) wird zunächst auf die Forschungsgeschichte eingegangen, die mit der hier verwendeten Methodik verbunden ist. Der nächste Abschnitt ist einer ausführlichen Erörterung der Methodik gewidmet (4.1.2.). Im letzten Abschnitt des Teilkapitels 4.1.3. wird die Begrifflichkeit entwickelt, die für ein detailliertes Modell nötig ist.

Mit der *Art der Weitergabe* bezeichne ich die ökonomische Beziehung, die zwischen den Beteiligten bestand, und welche Personen wie beteiligt waren. Dafür sind zunächst viele Varianten vorstellbar. Als Eckpunkte seien hier die beiden Extremvorstellungen kurz skizziert. Im einen Fall erfolgen Gewinnung, Verarbeitung und Weitergabe als ‘Feierabendtätigkeiten‘ durch beliebige Personen, die ansonsten das ganze Jahr als Bauern tätig sind. Im anderen Fall sind diese drei Tätigkeiten räumlich getrennt und werden von verschiedenen Vollzeitspezialisten ausgeführt, die dadurch jeweils ihren Lebensunterhalt bestreiten. Diese Extreme sind quasi die Minimal- und die Maximalposition in der Debatte zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Differenzierung der Silexweitergabe während der Jungsteinzeit. Beide können schon an diesem Punkt der Untersuchung sowohl für das Alt- als auch das Mittelneolithikum als hochgradig unwahrscheinlich ausgeschlossen werden.

Gegen das reine ‘Feierabendssystem‘ sprechen die hohen Ansprüche, die ein Untertagebergbau im Arnhoferer Untergrund an bergbautechnisches Wissen und ingenieurgeologische Kenntnisse stellt (s. o. 1.4.). Das trifft auch schon für den altneolithischen Bergbau in Arnhofen zu, wenn man annimmt, dass man während der Bandkeramik bereits das gleiche Vorgehen praktizierte, wie in den späteren Abschnitten – und die geförderten Mengen weisen klar in diese Richtung (s. u. 4.2.).

Für die LBK kann man bei den Tätigkeiten Verarbeitung und Weitergabe eine der Minimalposition sehr nahe kommende Organisation nicht ausschließen. Die einzige räumliche Trennung, die zudem kaum von Bedeutung ist (vgl. Mitterfecking und Bad Abbach; s. o. 3.2.4.), fand zwischen dem Gewinnungsplatz und den Anliegersiedlungen statt. In den Siedlungen wurden Kerne bearbeitet, Grundformen abgebaut und Werkzeuge hergestellt.

Im Mittelneolithikum stehen die Schätzungen zur Arbeitszeit für den Abbau (s. o. 2.3.) und für die über dem Eigenbedarf liegende Produktion (s. o. 3.2.2.) sowie die daraus resultierenden Werteverhältnisse für den Silex der Existenz von “Vollzeitspezialisten“ entgegen. Zumindest für die näher am Bergwerk gelegenen Abnehmersiedlungen hatte sich auch bezüglich der räumlich arbeitsteiligen Aspekte wenig geändert. Wie der Vergleich der mittelneolithischen Phasen der Bergwerkssiedlung Mitterfecking, der nahe gelegenen Abnehmersiedlung Hienheim sowie der weit entfernt gelegenen Abnehmersiedlung Überau zeigten (s. o. 3.1.2.2. Tab. 3.17, Fußnote 3.9 und Tab. 3.26), wurden sowohl in Hienheim als auch in Überau Kerne bearbeitet, Grundformen abgebaut und Werkzeuge hergestellt – ganz wie im Altneolithikum. Eine irgendwie geartete Kombination aus Bergmann, Silexverarbeiter und ‘Händler‘ als Vollzeitspezialist ist damit jetzt schon weitgehend unwahrscheinlich.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel des vierten Kapitels, die bisher heraus gearbeiteten sowie die im Folgenden noch zu entwickelnden Argumente in einem Modell zu vereinen. Dieses Modell versucht, ausgehend vom Umfang der Hornsteinweitergabe, jeweils für das Alt- und das Mittelneolithikum die wirtschaftshistorische Situation bei der Weitergabe bzw. dem Tausch zu erschließen. Die entsprechende Begrifflichkeit und die darauf aufbauenden theoretischen Erwägungen werden im letzten Abschnitt des ersten Teilkapitels dargelegt (s. u. 4.1.3.).

Wie bereits bei der Organisation des Abbaus erläutert, handelt es sich bei zu bildenden Modellen um den Versuch, die einstmaligen Vorgänge zu rekonstruieren – das Modell ist nicht identisch mit der wahren historischen Situation, nur seine Abbildung. Es geht also darum, ein wissenschaftlich möglichst gut an die überlieferten Sachverhalte angenähertes Bild zu entwerfen: “Man kann nicht sagen, wie es eigentlich gewesen ist, sondern nur, wie es gewesen sein könnte. Geschichte wird, strenggenommen, im Konjunktiv geschrieben.“ (GOERTZ 1995, 92).

Und das gilt ebenso für den archäologisch betriebenen Teil der Geschichte, sobald er sich von der Beschreibung der konkreten positiv vorliegenden Überreste entfernt und versucht, die Geschichte abstrakter Phänomene, wie etwa der eines komplexen wirtschaftlichen Systems, zu untersuchen. Im Gegensatz zur Geschichte kann die Archäologie sich also zunächst auf empirisch fassbare gegenständliche Überreste stützen, was bei einer quantitativen Herangehensweise u. U. sogar messbare Margen für Ungenauigkeiten und Fehler zulässt.

In diesem Fall geht es um die räumlichen und zeitlichen Aspekte sowie um die Quantitäten des wirtschaftlichen Systems, das auf die Weitergabe des Arnhofener Hornsteins ausgerichtet ist. Dabei wird versucht, die konkreten Größenordnungen der wirtschaftlichen Aktivitäten in den besser erforschten Nutzungsphasen des Arnhofener Bergwerkes, dem Alt- und dem Mittelneolithikum, zu erfassen.

Dies erste und wichtigste Basisannahme lautet: *Als Indikator der weitergegebenen Hornsteinmengen dienen die quantifzierten Anteile von Stücken aus Arnhofener Rohmaterial von 52 alt- und 77 mittelneolithischen Fundplätzen sowie von weiteren 30 alt- und 11 mittelneolithischen Fundplätzen, von denen keine Funde dieser Art vorliegen* (s. u. 4.2.1. Tab. 4.2 und 4.3.1. Tab. 4.4). Bei den ausgegrabenen Fundplätzen handelt es sich in der Regel um Siedlungen, nur im Mittelneolithikum wurden sehr selten Gräberfelder einbezogen (2 von 88 Fundplätzen: Nr. 50 Trebur; Nr. 77 Miskovice). Bei den Oberflächenfundplätzen ist natürlich unklar, ob sich unter ihnen weitere Gräberfelder verbergen. Der Inventaranteil wurde in der Regel so übernommen, wie er in der jeweiligen Publikation angegeben ist. Nur für die Problematik der Arnhofener Knollenhornsteine musste bei den Angaben zu altneolithischen Fundplätzen ein zusätzlicher Rechenschritt eingefügt werden. Dabei wurden die Messwerte modifiziert, bevor sie zur Berechnung herangezogen wurden (s. u. 4.2.1.).

Ausgehend von diesen insgesamt 170 Fundplätzen wird für das südliche Mitteleuropa der mögliche Anteil von Arnhofener Hornstein bei der Versorgung jungsteinzeitlicher Siedlungen geschätzt. Dabei werden zwei Zeitphasen unterschieden (Alt- und Mittelneolithikum). Zusätzlich wurden noch 19 künstliche Kontrollpunkte (LBK: 5; MN: 14) aufgenommen, um die Grenzen der Verbreitungen in den Interpolationen darstellen zu können.

Zeichnen sich bei solchen Anteilsschätzungen auf der Kartierung Grenzen ab, gibt es vor allem zwei Erklärungsmöglichkeiten. So könnte die vorgefundene Lage auf mehrere sich überdeckende Teilphänomene zurückgehen.

Die vorgefundenen Grenzen zeigten dann in der Art eines Palimpsestes das gemeinsame Ergebnis aller räumlichen Überlagerungen. Wenn aber scharfe Grenzen auftauchen, dann ist es hochwahrscheinlich, dass die in der archäologischen Überlieferung erhaltenen Grenzen von einem Phänomen herrühren und nicht aus der Überlagerung mehrerer Phänomene resultieren (HODDER/ORTON 1976, 196ff.). Grenzen, bei denen die archäologisch-chronologischen Mittel zu grob sind, um kurzfristige Verlaufsveränderung zu erfassen, liefern also höchstwahrscheinlich ein diffuses Bild zum Verlauf von Rändern und Grenzen. Dagegen sprechen bei den hier erstellten Karten sowohl die Art der alt- und mittelneolithischen Grenzen (vgl. u. 4.2.2. Abb. 4.3 und 4.3.2. Abb. 4.14) als auch ein unerwarteter Befund, der die Beständigkeit der erfassten räumlichen Muster belegt (4.4. Abb. 4.30).

Die zweite Basisannahme, neben der Prämisse zur Repräsentativität der Inventare, lautet daher: *Mit den hier erzeugten Karten wurde jeweils ein historisches Phänomen erfasst und nicht das Ergebnis von Überlagerungen.* Für das Altneolithikum konnte bereits bei der Untersuchung der Rijckholtverteilung nachgewiesen werden, dass die Tauschbeziehungen über Jahrhunderte hinweg stabil waren (ZIMMERMANN 1995, 109). Man kann also davon ausgehen, dass auch andere Rohmaterialweitergabesysteme über längere Zeiträume hinweg eine stabile Struktur besaßen. Dieses Kapitel der Untersuchung von Gewinnung, Verarbeitung und Weitergabe des Arnhoferer Hornsteins legt den Schwerpunkt auf eine bestimmte Form der Kartierung. Es sieht sich in der Nachfolge der ersten umfassenden Untersuchung zu bandkeramischen Silexaustauschsystemen in Mitteleuropa durch Andreas Zimmermann (ders. 1995). Für die im Weiteren erstellten Schätzkarten zur relativen Häufigkeit des Arnhoferer Hornsteins in neolithischen Inventaren wurde, wie bei Zimmermann erläutert (a. a. O., 56ff.), eine Darstellung mit Isolinien gewählt. Eine solche Darstellung kann man sich auch als dreidimensionales Gebilde auf der Fläche des Kartenraumes vorstellen (a. a. O., 57 Abb. 20 und 21; siehe auch hier 2.2. Abb. 2.44): “Die horizontal verlaufende Grundebene dieses Raumes sollte man sich durch die Karte der Fundstellen repräsentiert denken. In der Vertikalen wird der Prozentsatz des Rohmaterials abgetragen. Dabei liegen Inventare, in denen das entsprechende Material fehlt in der Grundebene, Inventare mit hohen Prozentsätzen hoch über ihr. Die künstliche Oberfläche wird nicht durch jeden einzelnen der so dargestellten Punkte verlaufen, sondern sich ihnen möglichst gut annähern“ (ZIMMERMANN 1995, 56).

Mit solchen Kartierungen sind die Leser bestens vertraut. Man kennt sie von topographischen Karten. Dort bezeichnen die Isolinien Bereiche mit gleicher Geländehöhe. Hier umschließen sie Bereiche mit gleichem Hornsteinanteil.

Abgesehen von den wenigen hier (vgl. 3.1.2.) oder einigen andern Orts untersuchten Inventaren fehlen meist Angaben zur Aufgliederung der Arnhofer Silices nach Abfall (Abschläge) und Zielprodukten (Klingen), zur Häufigkeit von mit Rinde bedeckten Stücken sowie zum Anteil der Klingen und der Geräte. Deshalb konnten im Gegensatz zu Zimmermanns Studie über den Rijckholt-Feuerstein hier keine Interpolationen zu den Inventarzusammensetzungen der Teilinventare aus Arnhofer Hornstein durchgeführt werden (vgl. ZIMMERMANN 1995; Rindenanteil: 78 Abb. 25; Abschlagsanteil: 79 Abb. 26; Klingenteil: 87 Abb. 29; und Geräteanteil: 88 Abb. 30). Wo dennoch vereinzelt bei Regionalstudien Angaben vorhanden waren, wurden sie bei der Besprechung der Verteilungsstruktur berücksichtigt.

*Exkurs:* Um zukünftige (räumlich-)quantitativ arbeitende Studien auf eine bessere Basis stellen zu können, sei an dieser Stelle allen Bearbeitern von archäologischen Inventaren und ihren Beratern, Korrektoren, Betreuern und Redakteuren ans Herz gelegt, bei Publikationen stets die genauen Zahlen zu wirtschaftshistorischen Phänomenen anzugeben. Im Fall von Silexrohmaterial empfiehlt es sich, neben den absoluten Häufigkeiten auch die Prozentwerte auf eine Dezimalstelle genau anzugeben – nicht zu vergessen die verbrannten bzw. unbestimmbaren Stücke. In anderen Fällen, beispielsweise bei Metallobjekten, sollte stets das Gewicht und mindestens ein Raummaß angeführt werden. Sind nur noch die Transportbehälter (z. B. Briquetage) überliefert, ist speziell ihr Volumen aber auch ihr Gewicht von Interesse. Solche Angaben erlauben es die wirtschaftshistorische Aussagekraft von Phänomenen abzuklären. So kann das Potential archäologischer Quellen besser ausgeschöpft werden. Damit wären etwa mathematisch korrekte Minimaxschätzungen möglich. Hier lagen etwa bei den meisten Angaben keine Daten zum Anteil der unbestimmbaren Stücke vor, weshalb auf die Wiedergabe dieser Werte verzichtet werden musste [*Exkurs-Ende*].

Für die *allgemeine Forschungsgeschichte* und Methodik zu diesem Vorgehen gibt die Darstellung von Zimmermann eine Einführung (a. a. O., 56ff.). Auf den nächsten Seiten wird die Forschungsgeschichte der Silexrohmaterialweitergabe detaillierter dargestellt, um den Entwicklungsstand dieses Forschungsansatzes einschätzen zu können.

Im Jahr 1957 führte der Schwede Malmer die von ihm *Isarithmenkarten* genannten Darstellungen in die europäische Archäologie ein (ders. 1962, 697ff.). Er nutzte für die Darstellung von Funddichten eine Kartierungsweise, die man heute als Isolinienkarte bezeichnen würde. Dabei wurden die Werte von Hand auf einer Karte mit Hilfsrasterung aus Hexagonen eingetragen.

Die Kartierung unterschiedlicher Häufigkeiten von neolithischer Keramik in Cornwall anhand von *Kreisdiagrammen* durch Peacock zeigt (ders. 1969), dass Isolinienkarten zur Darstellung von Prozentsätzen erst mit der flächendeckenden Einführung von Computern ab Anfang der 1970er Jahre für die englischsprachige Archäologie interessant wurden. In Mitteleuropa behielt man bei Rohmaterialstudien bis Ende der 1980er Jahre die Darstellung von Verbreitungen mittels kartierten Kreisdiagrammen bei (vgl. SCHÖTZ 1988, 3 Abb. 2).

Die später von Colin Renfrew fortgeführten Arbeiten einer britischen Forschergruppe zur prähistorischen Verbreitung anatolischer Obsidiane im Nahen Osten stellen nicht nur auf methodischem, sondern auch auf theoretischem Sektor die Pionierleistungen zur modernen quantitativen Erforschung und Analyse von Silexweitergabesystemen dar (RENFREW *et al.* 1968; RENFREW und BAHN 1996, 353). Dabei wurde noch ohne manuell bzw. elektronisch berechnete Karten gearbeitet. Man entwarf einfache Abhängigkeitsmodelle, sog. *'fall-off'-Kurven*. Die Weitergabart ließ sich danach aus der Beziehung zwischen Entfernung und Abnahme des Rohmaterialanteils ableiten (RENFREW 1972, 465ff.; RENFREW *et al.* 1968; RENFREW und BAHN 1996, 354). Solche Analyseschritte kann man, wie unten noch gezeigt werden wird, gut mit dem hier gewählten Vorgehen verbinden (s. u. 4.1.3.).

Darauf aufbauend begann Hodder *'fall-off'-Kurven* als mathematisch analysierbare Variablenzusammenhänge mit *Regressionsgeraden* zu beschreiben (ders. 1974). Zu den Gefällen der Regressionsgeraden bemerkte er: "[...] a clear general trend shows that the gradient slope is partly dependant on the relative size of the output at the source" (a. a. O., 179). Exponentiell abfallende Anteile sah er in Analogie zu *'random-walk'-Modellen*. Solche Befunde seien typisch für Systeme, bei denen die Bewegungen mehr oder weniger zufällig aufträten und nur über kurze Entfernungen reichten.

Die von Hodder in diesem Zusammenhang vorgeschlagene Vorgehensweise kann aber nur bei einem sehr guten Forschungsstand umgesetzt werden. Dafür verband er *'fall-off'-Kurven* und landschaftsarchäologische Daten. Hodder ordnete die Siedlungen, in denen ein bestimmtes Rohmaterial vorkommt, innerhalb konzentrischer Ringe um die Materialquelle an und bestimmte ihre Anzahl und Dichte. Danach wurden die jeweiligen Anteile des Materials in diesen Siedlungen einbezogen. Ein derartiger Ansatz konnte aufgrund des Forschungsstandes hier nicht weiter verfolgt werden.

Später nahm Hodder das Thema der Verbindung von verfeinerten mathematischen Analysen und Simulationen als Methode zur Erforschung von *'fall-off'-Kurven* noch einmal auf und entwickelte eine kritischere Position gegenüber der Verknüpfung von Analyseresultaten und historischen Phänomenen (HODDER/ORTON 1976).

‘Fall-off’-Kurven wurden in der kontinentaleuropäischen Neolithforschung nur sehr selten zur Erforschung von Güter- oder Rohmaterialverbreitungen eingesetzt. Die einzige mir bekannte Ausnahme stellt die Untersuchung der Verbreitung des nordungarischen Obsidians durch Chapman im Rahmen seiner Vinca-Studie dar (ders. 1981, 80f.). Er erstellte für seinen Arbeitsraum Graphen, die allerdings eine Lücke aufwiesen, da sein Arbeitsgebiet durch nicht untersuchte Regionen von der Quelle getrennt war. Bereits bei dieser ersten quantitativen Rohmaterialstudie zu einer mittelneolithischen Kultur wurde betont, dass eine Weitergabe von Hand zu Hand nicht festzustellen sei. Das beobachtete Muster spreche vielmehr für ‘directional trade’ (im Sinne von RENFREW 1972; vgl. u. 4.1.3.). Allerdings basierte diese Aussage nicht auf einer vollständigen Untersuchung der Obsidianverbreitung.

Im Grundsatz orientierte sich auch Małgorzata Kaczanowska in ihrer Studie zur neolithischen Verbreitung von Silexrohmaterialien im *südöstlichen Mitteleuropa* an Darstellungen, die Entfernung mit Anteilen verbanden (KACZANOWSKA 1985). Allerdings benutzte sie statt echter ‘fall-off’-Kurven eine Darstellung, bei der keine Inventare oder Trendlinien erscheinen, sondern nur Linienzüge. Durch die zusätzliche Abbildung mehrerer dieser Linien in jeweils einer Grafik sind ihre Ergebnisse zudem schwer verständlich (vgl. a. a. O., 69 Abb. 29 und 147f. Abb. 72 und 73). Sie verzichtete darauf, die ‘fall-off’-Modelle der 1970er an europäischem Material umzusetzen, weil sie nach ihrer Meinung dafür nicht geeignet waren (a. a. O., 69). Dass es sich dabei um ein Missverständnis handelt, zeigte die erfolgreiche Anwendung durch Chapman einige Jahre zuvor. Im Grundsatz erlauben ihre Kurven zumindest, die groben Trends der verschiedenen Weitergabearten zu erkennen.

Zu Beginn der 1970er Jahre wurde in Großbritannien für die Erforschung der Verbreitung von *neolithischen Felsgesteinbeilen* zum ersten Mal die Darstellung von Häufigkeiten mittels Isolinienkarte gewählt (vgl. RENFREW und BAHN 1996, 353). Für Beile aus 18 unterschiedlichen Rohmaterialquellen (Rohmaterialgruppen I bis XVIII) wurden mit ‘trend surface analysis’ Häufigkeitskarten für das südliche Großbritannien erstellt (CUMMINS 1974; ders. 1979). Für die Auswertung der Karten wurde nicht auf die Modelle von Renfrew zurückgegriffen, obwohl prinzipiell die methodischen Voraussetzungen dafür gegeben waren.

Interessante Kartenbilder ergaben sich besonders bei der Rohmaterialgruppe I, deren Gewinnungsstellen im nordwestenglischen Lake District lagen, und bei der Gruppe VI, die aus einer Quelle an der Südwestspitze Cornwalls stammt. Die Zentren der Verteilungen lagen nicht in der Herkunftsregion, sondern im Fall der Gruppe VI etwa 200 km weiter südöstlich in einer im Neolithikum dicht besiedelten Region an der Humbermündung.

Bei Gruppe I waren die Zentren noch weiter von der Quelle entfernt und lagen 350 km östlich in Wiltshire, 400 km nordöstlich um Coventry und 550 km entfernt an der Küste von Essex. Cummins bemerkte dazu: "The dispersal of the axes took place in two stages: - (i) movement of the bulk of the factory products to a distant centre or centres, and (ii) the dispersal from these new centres, in the same way as the other groups spread out from the factories themselves" (ders. 1979, 9). Er nahm an, Gemeinschaften aus den dicht besiedelten Regionen des östlichen Englands hätten Expeditionen ausgesandt, um ihre Beile direkt von den Rohmaterialquellen zu holen und sah bei diesen Aktivitäten einen kommerziellen Aspekt (ebd., 10ff.).

Im Jahr 1976 widmeten Ian Hodder und Clive Orton der damals geläufigsten Interpolationsmethode '*trend surface analysis*' eine umfassende Darstellung in ihrem Lehrbuch zu räumlichen Untersuchungsmethoden in der Archäologie (dies. 1976, 155 ff und spez. 159 ff.). Dabei stellten sie mehrere Studien vor, bei denen auch Inventaranteile bestimmter Objektgruppen (z.B. der Anteil frühlaténezeitlicher Drehscheibenkeramik) interpoliert wurde. In Europa blieb dies aber zunächst weitgehend folgenlos für die Erforschung von archäologischen Verbreitungen.

In den vereinigten Staaten dagegen wurde die Methode des '*machine contouring*' 1977 zum ersten Mal zur Erforschung von Silexaustauschsystemen verwendet (ERICSON 1977; ders. 1981). Ericson erstellte für *kalifornische Obsidianarten*, ausgehend von den Anteilen in den Fundplätzen, Rasterkarten mit Isolinien gleicher Anteile. Allerdings fasste er hierfür Daten aus einem Zeitraum von 1500 Jahren zwischen 300 n. Chr. und 1800 n. Chr. zusammen. Zu jener Zeit lebten die kalifornischen Indianer als Jäger/Sammler. Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte aller erfasster Gruppen erreichte mit ca. 3,2 Einwohnern pro Quadratkilometer Werte wie bei sesshaften Ackerbauern (ERICSON 1981, 101 und 146 Plate 6-1). Bei sechs der zehn genauer untersuchten Austauschsystemen traten auf Fundplätzen in unmittelbarer Nachbarschaft der Gewinnungsstellen nur Anteile zwischen 60 % und 80 % auf. Bei zwei Obsidianarten lag er zwischen 90 % und 100 %, ansonsten unter 50 %.

Ericson konnte zeigen (ERICSON 1977, 115 und 116 Fig. 2; ders. 1981, 109), dass die Abnahme der Anteile sich vor allem am indianischen Wegenetz orientierte, das einst Kalifornien durchzog. Die Existenz alternativer Silexquellen hatte ebenfalls großen Einfluss auf die Abnahme der Obsidiananteile (ERICSON 1977, 115 und 117 Fig. 3; ders. 1981, 109). Die territorialen Grenzen zwischen den von unterschiedlicher Kultur und Sprache geprägten Stämmen spielten dagegen nach der Einschätzung von Ericson keinerlei Rolle (ERICSON 1977, 118 und 119 Fig. 4; ders. 1981, 114; vgl. aber dagegen BETTINGER 1982).

Nach den ethnohistorischen Quellen wurde der Obsidian im Tausch vor allem mit Gegenständen aus organischem Material bezahlt, die entweder arbeitsaufwendig waren oder in der Zielregion nicht vorkamen (ERICSON 1981, 119ff.).

Aus Ericsons Beschreibungen und Modellen geht hervor (a. a. O., 95ff., 98 Plate 4-1 und 145ff.), dass er, auch wenn er von *“linear exchange“* spricht, eigentlich einen Tausch von Hand zu Hand meint. Er unterließ es jedoch, an den Quellen beginnende Querschnitte der Verteilungen zu erstellen. Möglicherweise machte Ericson aus diesem Grund auch keine konkreten Angaben zur Reziprozität. Er entwarf allerdings ein plausibles Modell zu den Auswirkungen größerer Entfernungen auf ein Versorgungssystem, bei dem Güter des täglichen Bedarfs von Hand zu Hand getauscht werden und zunehmender Bedarf das System unter Druck setzt (a. a. O., 156ff.). Weil die jeweils vorgeordneten Stationen in der Tauschkette selbst einen Teil der Güter verbrauchen, bleibt für die nachgeordneten Stationen nach jedem Weitergabeschritt zunehmend weniger absolute Menge übrig. Können die nachgeordneten Abnehmer keine Alternativen finden und sind deshalb auf ihre Versorger angewiesen, kann sich die Werterelation so verschieben, dass in größeren Entfernungen von der Quelle durchaus ein Tausch mit negativer Reziprozität eintreten kann. In diesem Modell gibt es allerdings keinerlei dynamische Faktoren. So wird nicht klar warum die negativ betroffenen Stationen dies dauerhaft akzeptieren sollten und nicht selbst Schritte einleiten, wie etwa, die direkt in Richtung Quelle vorgelagerten Stationen zu überspringen.

Basierend auf ethnohistorischen Quellen schätzte Ericson (a. a. O., 100), wieviele Menschen in die jeweiligen Austauschsysteme eingebunden waren (a. a. O., 118ff.). Als Grenze der Systeme nutzte er die 10-Prozent-Isolinie der jeweiligen Rasterkarte und erhielt so mehrere vergleichbare Maße für die Austauschsysteme. Als Reichweite bezeichnete er die Entfernung zwischen der Gewinnungsstelle und dem am weitesten entfernten Punkt der 10-Prozent-Isolinie.

Bei drei der vier Obsidiangewinnungsstellen, für die ethnohistorische Quellen die Zugangsrechte überliefern (ebd., 133ff.), war die Nutzung den Angehörigen mehrerer Stämme möglich. In einem Fall gab es zwischen zwei Stämmen Kämpfe über die Kontrolle einer Quelle.

Die Arbeit von Ericson lieferte bis zur Verbindung der Rijckholtverbreitung mit der bandkeramischen Besiedlung durch Zimmermann (vgl. ZIMMERMANN *et al.* 2004, 86 Abb. 16) die einzigen Vergleichswerte, zur Anzahl der an einem Silexaustauschsystem beteiligten Haushalte bzw. Menschen (s. u.).

Die Methodik Ericsons fand mit der Untersuchung der Anteile von *Obsidianen* im prähistorischen *New Mexico* mittels ‘trend surface‘ durch Findlow und Bolognese eine Fortführung (dies. 1982).

Dabei zeigten sich vor allem zwei Regionen der Obsidiannutzung im Norden am oberen Rio Grande und im Westen im Einzugsbereich des Colorado River. Die von der Interpolation abgedeckten Flächen korrelierten über die Zeit leicht positiv mit der Bevölkerungsanzahl und -dichte. Im Gegensatz zu Ericson versuchte man hier aber nicht nur, ‘fall-off’-Kurven zu erstellen (a. a. O., 72ff.).

Um eine genauere Verbindung zwischen Entfernung und Anteilsentwicklung zu erhalten, ermittelten Findlow und Bolognese zuerst den Einfluss des Landschaftsreliefs anhand einer Faktorenanalyse für die einzelnen Counties<sup>4.1</sup>. Damit wurde zum ersten Mal versucht, nicht mehr nur den Einfluss der einfachen Entfernung auf die Verbreitung eines Rohmaterials quantitativ zu modellieren, sondern stattdessen die Auswirkungen der wirklichen Landschaftsbeschaffenheit zu berücksichtigen. Dies geschah mehrere Jahre vor der EDV-Implementierung von Kostenoberflächenanalysen. Schließlich wurde anhand einer Regressionsanalyse zwischen Obsidiananteil und Landschafts-Faktorenladung der Counties ermittelt, dass überwiegend lineare und exponentielle Regressionsmodelle auftraten. Diese werteten die Autoren als Hinweis auf direkte Versorgung (linear) bzw. Tausch von Hand zu Hand (exponentiell). Während der Pueblo-Kultur ging der Tausch von Hand zu Hand nicht von einem Zentrum an den Quellen aus, sondern von größeren Siedlungen in 30 km bis 60 km Entfernung – nach meiner Meinung ein Anzeichen für eine Kontrolle der Quellen durch diese Siedlungen. Das vereinzelte Auftreten von parabelförmigen (‘hyperbolic’) Relationen sahen die Autoren in diesem Zusammenhang als Vorbote der Entwicklung komplexerer Austauschsysteme. Dabei wurde betont, dass “The greater the separation, the more likely that some form of complex exchange system will evolve“ (FINDLOW/BOLOGNESE 1982, 78).

Auf einem sehr allgemeinen Niveau weisen diese Ergebnisse damit in die gleiche Richtung wie die hypothetischen Erwägungen Ericsons zum Verhältnis von Wert zu Entfernung bei Hand zu Hand Systemen (s. o.).

Eine weitere Regionalstudie zur Obsidianverbreitung im östlichen Kalifornien konnte zeigen (BETTINGER 1982, 120ff.), dass die Grenze zwischen gradueller und steiler Abnahme des Anteils mit den *Territoriumsgrenzen* zweier soziopolitischer Einheiten (lokale Häuptlingstümer) innerhalb der größeren ethnolinguistischen Gruppe der Owens Valley-Paiute zusammenfiel. Dies widerspricht der oben erwähnten Aussage Ericsons, wonach solche Grenzen bei der Verbreitung von Silex keine Rolle spielten.

---

<sup>4.1</sup> Kommunale Verwaltungseinheiten in amerikanischen Bundesstaaten; von der Größe in etwa zwischen großen bundesrepublikanischen Landkreisen und kleinen Bundesländern anzuordnen.

Möglicherweise reichte aber auch das zeitliche Auflösungsvermögen von Ericsons Karten nicht aus, um dazu überhaupt Aussagen ableiten zu können. Er hatte schließlich Fundplätze aus 1500 Jahren gemeinsam in einer Karte verwertet.

Ende der 1980er Jahre wurden derartige Methoden auch im *deutschen Sprachraum* verstärkt rezipiert. Sabine Wolfram stellte die 'trend surface analysis' in ihrem Überblick zur Entwicklung der Forschung im englischsprachigen Raum kurz vor (dies. 1986, 68). Wenig später nutzte Elke Mattheußer diese Methode, um geographische Trends bei der Ausrichtung bandkeramischer Häuser zu untersuchen (ZIMMERMANN/MATTHEUßER 1989). 1995 benutzte Zimmermann die von ihm in der gleichen Arbeit kurz vorgestellten Methoden bei seiner Studie zur Verbreitung des Rijckholt-Feuersteins (a. a. O.; ZIMMERMANN 1995).

Eine Studie aus *Frankreich* befasste sich zur gleichen Zeit mit der Verbreitung von Aphanitbeilen aus dem Bergwerk Plancher-les-Mines (JEUDY *et al.* 1995). Während jedoch bei Zimmermann mehrere einzeln ausgewiesene Interpolationsmethoden zur Anwendung kamen (ders. 1995, 56ff.), wurde hier nur eine Interpolation für die Anteile der Beile in Siedlungsinventaren erstellt und die verwendete Methode nicht erläutert.

Die Studie zu den Aphanitbeilen griff auf Arbeiten von Petrequin zum Bergwerk von Plancher-les-Mines zurück (JEUDY *et al.* 1995). Beile aus Aphanit fand man im mittleren Jungneolithikum (um ca. 4000 v. Chr.) noch in bis zu 300 km Entfernung (vgl. PETREQUIN *et al.* 1993, 46 Fig. 5.1). Dabei gelangten Beilplanken in bis zu 50 km entfernte Siedlungen (a. a. O., 55). Eine Interpolation des Aphanitanteils bei den Beilen zur Zeit der Maximalverbreitung zwischen 4100 v. Chr. und 3700 v. Chr. ergab, dass die Verbreitung vor allem doubs- und marneabwärts sowie rheinaufwärts erfolgte (JEUDY *et al.* 1995, 245 Fig. 1.2; vgl. PETREQUIN *et al.* 1993, 46 Fig. 5.9 unten). Noch 120 km westlich der Rohmaterialquelle erreichten diese Stücke Anteile von bis zu 70 % in den Siedlungen. Abgesehen von der Orientierung auf die Flusstäler nahmen die Anteile ansonsten etwa gleichmäßig mit der Entfernung ab.

Interessanter Weise ist diese Konjunktur des Aphanits nur eine vergleichsweise kurze Episode in der Nutzungsgeschichte von Plancher-les-Mines, die von der Bandkeramik bis ins Spätneolithikum reicht (PETREQUIN *et al.* 1993, 55ff.). Verbindet man die Erkenntnis zum Verbreitungsmuster des Aphanits mit Ericsons Erkenntnissen zum Einfluss des indianischen Fernwegenetzes auf die Obsidianverbreitung (s. o.), so liegt es nahe, zumindest im Jungneolithikum in Mitteleuropa größere Flusstäler als potenzielle Fernwegetrassen anzusehen, auf denen Menschen hunderte von Kilometern reisen konnten, um Gegenstände des alltäglichen Wirtschaftens zu besorgen.

Zehn Jahre später wurden Interpolationen in der deutschsprachigen *Afrikaforschung* bei Untersuchungen zur Rohmaterialverbreitung eingesetzt. In ihrer Dissertation zu den Gesteinsartefakten der nordostnigerianischen Endsteinzeit (1800 v. Chr. bis 100 n. Chr.) interpolierte Nicole Rupp mehrere Verbreitungsaspekte von Felsgesteinartefakten, um damit die Versorgungsmuster der (Groß-)Siedlungen in einer an Rohmaterial extrem armen Region zu beschreiben (dies. 2005). Kartiert wurden sowohl die Anteile, die bei einer Felsgesteinart auf verschiedene Varianten entfallen, beispielsweise die Anteile verschiedener Sandsteintypen an allen Funden aus Sandstein, als auch die Anteile der einzelnen Felsgesteinarten am Gesamtspektrum der Funde aus Felsgestein. Als Interpolationsverfahren kam die Methode des ‘kriging‘ zum Einsatz (MapInfo Professional – Vertical Mapper 3.0.).

Beinahe zeitgleich erschien eine auf Interpolationen basierende Fallstudie zu Silexrohmaterialien in *Tschechien*. Petr Sida kartierte damit die Verbreitung mehrerer Silexarten im Alt- und Mittelneolithikum für bis zu vier Zeitscheiben (ders. 2006). Neben Baltischem Feuerstein, ungarischem Obsidian, Krakauer Jurahornstein, nordwestböhmischem Quarzit und Hornstein aus dem Krumlovsky Lés interpolierte er auch die Verbreitung des Arnhoferer Plattenhornsteins im frühen Mittelneolithikum (a. a. O., 421 Obr. 10; vgl. u. 4.3.1.). Mit welcher Interpolationsmethode gearbeitet wurde, wird nicht deutlich. Nach eigenen Erfahrungen mit den Ergebnissen verschiedenster Interpolationsmethoden steht zu vermuten, dass die Kartenbilder in allen Fällen mit der Grundeinstellung (‘default:kriging‘ mit linearem Semivariogrammodell) der genutzten Software (Surfer 8.0) gerechnet wurden – ein Weg der hier aus mathematisch-theoretischen Gründen nicht verfolgt wurde (s. u. 4.1.2.). Die Daten aus dieser Studie konnten aus Zeitgründen nicht mehr in die hier vorgelegten Berechnungen einbezogen werden. Wo es möglich war, wurden jedoch die Ergebnisse berücksichtigt.

Kurz vor Abschluss dieser Arbeit wurde mir eine neue Studie von Binstener bekannt (ders. 2005), die in ausführlicher Weise neben zahlreichen altbekannten Daten auch einige wenige neue Informationen aufzählt. Aufgrund des Bearbeitungsfortschritts konnten die neuen Daten nicht mehr rechentechnisch berücksichtigt werden. Nach provisorischen Überprüfungen der Effekte (s. u. 6.1.2.1. und 6.1.2.2.) wären jedoch nur Details der Berechnungen zur Wirtschafts-geschichte von Änderungen bei den genauen Zahlen betroffen, die Ergebnisse zu den Größenordnungen und ihren Relationen sind stabil. Eine genaue Überprüfung der Inventare ergab, dass sich für die bandkeramische Verbreitung sechs neue Datenpunkte in Franken (Burgbernheim I, Kröttenbach I, Lohr V, Mörlbach I, Neusitz und Rothenburg I / II) und einer in Oberösterreich (Rutzing / Haid, a. a. O. 127) ergeben hätten.

Nur der österreichische Fundplatz ist eine Ausgrabung, der Rest besteht aus z. T. schon älteren Begehungsfunden. Bei den mittelneolithischen Plätzen wären sechs neue Datenpunkte aufzunehmen. Davon liegen vier in Württemberg (a. a. O.: Schwaigern-Massenbach, Ostfildern-Ruit auf den Fildern [= Nellingen "Äußere Hofäcker"; vgl. SPATZ 1996], Hemmingen und Schwäbisch Hall-Weckrieden), einer in Mittelfranken (Kröttenbach I) und einer in Oberösterreich (Leonding bei Linz, BINSTEINER 2005, 129f.). Das unterfränkische Inventar von Lohr II mit seinen 4 % (1 von 25 Stück; a. a. O. 107 Tab. 53) ist als problematisch anzusehen und wurde nicht in die Kartenabgleiche einbezogen. Der Platz liegt in einer Region, in der Silviane Scharl ansonsten Anteile von bis zu 60 % zählt (dies. 2007). Der Widerspruch kann wohl nur durch eine archäologische Überprüfung und Neuauszählung des Inventars gelöst werden.

In den Anhängen finden sich Abgleiche der hier erzeugten Karten (s. u. 4.2.2. und 4.3.2.) mit provisorischen Neuberechnungen (s. u. 6.1.2.1 und 6.1.2.2.) auf Grundlage der Daten von Sida und Binsteiner. Die aus den Karten abgeleiteten Ergebnisse sind nach wie vor als grundsätzlich richtig anzusehen. Zu möglichen Änderungen bei den Details wird in den jeweiligen Abschnitten (LBK: 4.2.2.; MN: 4.3.2.) Stellung genommen.

Der Überblick über die Entwicklung der Forschung schließt mit einem Appell. Da Interpolationskartierungen zu wichtigen Aussagen über prähistorische Zustände führen, ist es für die wissenschaftliche Diskussion dieser Ergebnisse von eminenter Bedeutung, die Aussagen kritisierbar zu halten. Die Grundlage dafür ist eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Methode und ihrer Parameter. Angesichts einer immer weiter fortschreitenden Spezialisierung innerhalb der archäologischen Wissenschaften kann niemand mehr erwarten, dass solche speziellen Methoden jedem Fachwissenschaftler vertraut sind. Der Verzicht auf die Informationen zum Zustandekommen der Ergebnisse führt aber letztlich zu einer Situation, die den Lesern mangels Kritisierbarkeit nur noch zwei Möglichkeiten lässt, die der völligen Ablehnung oder die des vertrauensvollen 'Glaubens'. Im Alltag mag die zweite Variante als 'Ad-hoc-Instrument' bei der Entscheidungsfindung hilfreich sein. In der Wissenschaft sind beide Möglichkeiten fehl am Platz, sowohl (vermeintliche) Erkenntnis auf der Grundlage von Glauben als auch Ablehnung aus Unverständnis. Im nächsten Abschnitt wird deshalb die hier verwendete im Detail diskutiert.

### 4.1.2. Methodik

Nach diesem allgemeinen Überblick zu Entwicklung und Erkenntnismöglichkeiten des gewählten Vorgehens, ist es notwendig, genauer auf die verwendete Methodik einzugehen. Dies geschieht in Form einer ausführlichen Beschreibung der eingesetzten Verfahren, ihrer Auswahl, Anwendung und Umsetzung (Parameterwahl). Die folgenden Passagen richten sich zum einen an methodisch interessierte Leser, zum anderen sollen sie allen Interessierten die Möglichkeit eröffnen, die Ergebnisse im Hinblick auf die Methoden kritisch hinterfragen zu können.

Zwei Gründe waren für die detaillierte Darstellungsweise ausschlaggebend. Einerseits ist es notwendig, um die Transparenz des Vorgehens zu gewährleisten. Kontrollrechnungen werden möglich und machen das methodische Vorgehen überhaupt erst nachvollziehbar. Andererseits wächst seit der Jahrtausendwende mit der zunehmend einfacher werdenden Anwendung von Interpolationen ihre Anzahl. Wie häufig bei der Verwendung neuer bzw. ungewohnter Methoden kann man sich ihre Arbeitsweise aber nur schwer vorstellen. Die ausführliche Erörterung der Methodik soll nicht nur dazu beitragen, die methodischen Grundlagen dieses Kapitels verständlich zu machen, sondern sie will auch für eine vermehrte, *methodisch richtige* Anwendung von Interpolationen als Mittel zur Erzeugung umfangreicher wissenschaftlicher Erkenntnisse werben. Zunächst werden jedoch die allgemeinen Aspekte der Datenaufnahme erläutert. Die hier benutzten Zeitscheiben sind durch die Quellenlage vorgegeben. Aus praktischen Gründen wurde in drei Phasen untergliedert. Jede Phase wird in einem eigenen Teilkapitel untersucht. Sowohl die Einbeziehung von Oberflächenfundplätzen, als auch die teils über lange Zeiträume besiedelten Plätze, für die die Silexinventare nicht zeitlich aufgeschlüsselt wurden, führten dazu, dass das chronologische Auflösungsvermögen für die zugrundegelegten Zeitscheiben etwa 200 bzw. 300 Jahre beträgt. Das liegt jedoch nicht an der Methode sondern alleine am Forschungsstand. Wenn einmal genug ausgegrabene Inventare vorliegen, die nach modernen relativen Chronologien genau geordnet und zeitlich aufgegliedert sind, sollte es möglich sein, chronologische Trennschärfen von wenigen Generationen (ca. 50 bis 100 Jahre) zu erreichen.

Die erste Zeitscheibe ist dem Altneolithikum (4.2.) – für das hier die Bezeichnungen Bandkeramik bzw. Linearbandkeramik synonym verwendet werden – gewidmet. Er betrifft genau genommen jedoch nur den jüngeren Teil dieser Stufe, nämlich absolutchronologisch die Zeit etwa von 5200 v. Chr. bis 4950 v. Chr. Die zweite beschäftigt sich mit der Hauptnutzungsphase des Bergwerkes (s. o. 2.1.2.), dem (frühen) Mittelneolithikum (4.3.). Der so bezeichnete Zeitraum reicht absolut etwa von 4950 v. Chr. bis 4750 v. Chr.

Das Vorgehen in diesen beiden Abschnitten ist weitgehend identisch. Das Teilkapitel 4.4. bietet eine kursorische Übersicht der nachmittelneolithischen Bergwerksnutzung bis zum Ende der Glockenbecherkultur (von 4500 v. Chr. bis etwa 2200 v. Chr.; vgl. o. 2.1.2.). Auf das spätere Mittelneolithikum wird nur kurz im Zusammenhang mit dem Ende der Hochphase eingegangen (s. u. 4.3.4.2.). Im Teilkapitel zum Jungneolithikum wurden keine Berechnungen unternommen. Aufgrund der immer noch ungenügenden Aufarbeitung jung- und spätneolithischer Silexinventare, nicht nur, aber vor allem in Bayern, Böhmen und Nordwestösterreich, ist dieser Teil eher als ein Ausblick zur Frage nach der wirtschaftshistorischen Entwicklung in den jüngeren Phasen der Jungsteinzeit zu verstehen.

In den Teilkapiteln zum Alt- und zum Mittelneolithikum werden sowohl Inventare mit als auch ohne Arnhoferer Hornstein – letztere jeweils am Rand der Verbreitung – kartiert. Im Teilkapitel zum Jungneolithikum (4.4.) sind dagegen nur die positiven Belege für das Auftreten des Arnhoferer Hornsteins erfasst. An dieser Stelle wurde darauf verzichtet, alle bekannten Inventare in der Region ohne Arnhoferer Silex zu kartieren. Diese Datensammlung versteht sich als Grundlage für spätere Berechnungen.

Wie bemerkt, wird der Anteil des Arnhoferer Hornsteins in neolithischen Siedlungsinventaren als Indikator für die umgeschlagenen Mengen benützt. Die in den folgenden beiden Teilkapiteln (4.2. und 4.3.) präsentierten Karten zeigen trotz der in Punktform mitkartierten Inventare keine gewöhnlichen archäologischen Verbreitungskarten sondern mittels *Isolinienkarten* abgebildete Interpolationen des Anteils, also mathematisch-statistisch berechnete Schätzungen für den Arnhofenanteil. Mit Sicherheit würde eine einfache Überprüfung von Fundmeldungen und Archiven z. B. in Niederbayern oder Westböhmen zu Karten mit einem Vielfachen an Fundpunkten führen. Für die hier verfolgte Fragestellung hätten solche Karten aber, verglichen mit Isolinienkarten, einen geringeren Aussagewert und wurden daher auch nicht erstellt.

*Exkurs:* Wenn zukünftig Fundpunktkarten zu quantitativ erfassbaren Phänomenen – und das dürfte sehr viele archäologische Phänomene betreffen – erstellt werden, sollte man, wenn man über die entsprechenden Angaben zu den Zahlenwerten verfügt, diese auch in einer der Karte zuordenbaren Weise mit publizieren. Für die Erforschung solcher Phänomene sind einfache Punktkarten *ohne* Zahlenangaben unzureichend. Auch die Angabe des Koordinatensystems kann zukünftigen Auswertern solcher Karten helfen. Alle Karten der Teilkapitel 4.2 und 4.3. sind im flächentreuen Universal-Trans-Mercator-System, Bezugsdatum WGS 84, Zone 32 Nord kartiert. Neben dieser Information reichen bereits vier bekannte und etwa gleichmäßig über die Karte verteilte Punkte (Flussmündungen oder Fundplätze), um eine Karte mit all ihren Fundpunkten zu georeferenzieren und sie damit für weitere Nutzungen zugänglich zu machen [*Exkursende*].

Eine zentrale Annahme für die Interpolationen ist, dass die mit den archäologischen Untersuchungen – Ausgrabungen wie Prospektionen – in den jeweiligen Inventaren erfassten relativen *Häufigkeiten repräsentativ für die Situation in der jeweiligen prähistorischen Siedlung* und ihrer Umgebung waren. Dies gründet in der Vermutung, dass in den dazugehörigen Publikationen erwähnt worden wäre, wenn extreme Verzerrungsfaktoren vorgelegen hätten. Eine detaillierte Überprüfung darauf war aufgrund der Bearbeitungs- und Publikationslage nur bei einem Bruchteil der Fundplätze möglich. Hierbei wurden keine grob vom üblichen Erhaltungsschema abweichenden Erhaltungsbedingungen festgestellt.

Alle Ausgrabungen dürften mehr oder weniger von den gleichen *Überlieferungsfiltern* betroffen gewesen sein. Gleiches wird für Prospektionen angenommen. Die Gleichbehandlung von Ausgrabungen und Prospektionen bzw. Oberflächenfundplätzen stellte ebenfalls kein Problem dar. Wie in den folgenden Teilkapiteln noch zu sehen, sind die Ähnlichkeiten zwischen benachbarten Plätzen aus den unterschiedlichen Kategorien so hoch (vgl. u. 4.2.1.: Abb. 4.3, Abb. 4.4 und Tab. 4.2; vgl. 4.3.1.: Abb. 4.14, Abb. 4.15 und Tab. 4.4), dass man beide entgegen zunächst aufkommender quellenkritischer Bedenken ohne Probleme zusammenfassen kann.

Bei den Berechnungen ging nicht jeder Fundplatz in die Untersuchung ein, für den eine Publikation vage bzw. ungenau die Anwesenheit von Arnhofener Hornstein meldet. In solchen Fällen ist meist kaum abschätzbar, welche ökonomische Bedeutung der Hornstein dort besaß. Und es würde die Ungenauigkeit dieses Vorgehens weiter erhöhen, verwandelte man vage oder rein qualitative Aussagen in quantitative Größen. Allerdings war dies leider bei einigen wenigen Plätzen nicht zu umgehen (s.u. 4.2.1. Tab. 4.4). Dabei handelt es sich aber ausschließlich um Einzelstücke aus Fundplätzen vom Rande der Verbreitung.

Die Auffindung selten auftretender Objekte ist bei Ausgrabungen und noch mehr bei Prospektionen in der Hauptsache eine Funktion des Zufalls. Auf dem einen Platz stößt man zufällig auf einen noch erhaltenen Befund, in dem sich das einzige Stück Arnhofener Hornstein aus einem mehrere tausend Silices umfassenden Inventar befindet, das jemals an diesen Platz gelangte. An einem anderen Platz findet man genau dieses eine, einzelne Stück nicht mehr, weil der Befund vielleicht erodiert ist oder nicht ausgegraben wurde. Kurz, bei Erreichen gewisser Quantitäten wird das Auffinden bestimmter Funde zu einer Funktion des Zufalls. Daraus folgt für einfache Punktkartierungen bei Rohmaterialstudien, dass der dort abgebildete Verlauf einer Verbreitungsgrenze ohne Angaben zu Fundzahlen und Inventargrößen von einem nicht beurteilbaren Zufallsfaktor beeinträchtigt ist.

Ein quantitativer Ansatz auf der Basis von Prozentanteilen bei den Inventaren bietet dagegen die Möglichkeit, die wirtschaftsgeschichtliche Bedeutung beispielsweise eines bestimmten Silexrohmaterials abschätzen zu können. Die An- und Abwesenheit eines bestimmten Rohmaterials zu kartieren, kann dies nicht leisten. Zudem sind, wie gezeigt, Karten, die die Verbreitung eines Rohmaterials über das Aussetzen seiner Anwesenheit zu erfassen suchen, im Randbereich zu stark vom Phänomen der Einzelstücke und damit vom Zufall abhängig. Also gerade die in der Forschung alltäglich verwendeten Punktkartierungen sind von einem unabschätzbaren Zufallseffekt betroffen.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen wird das *Vorgehen bei den Berechnungen* genauer erläutert. Ausgangspunkt ist die Wahl der Rechenmethode zur Erstellung der mit Isolinienkarten abgebildeten Rasterkarten, der so genannten Interpolationsmethode.

Grundsätzlich bietet die Software heute eine größere Anzahl von *Rechenmethoden*. Einige wurden bereits von Zimmermann näher beschrieben (ders. 1995, 58ff.). Dabei erwies sich die Interpolationsmethode des ‘minimum curvature’, die manchmal auch als ‘splines’ bezeichnet wird (vgl. CONOLLY/LAKE 2006, 97), für die hier beabsichtigten Interpolationen des Rohmaterialanteils als besonders geeignet (a. a. O., 78, 110 und 112f. Abb. 37). Allerdings wurden von Zimmermann weitere Methoden erörtert, deren Eignung hier kurz diskutiert werden soll. Es handelt sich im Einzelnen um die Methoden ‘trend surface’, ‘kriging’, ‘Triangulation mit Glättung’ (bei Zimmermann “Verfahren von Akima“; a. a. O., 59) und ‘inverse distance’.

Die folgende Diskussion soll vermitteln, was bei der *Methodenwahl* zu beachten ist, und welche Aspekte vor der Anwendung einer solchen Methode zu berücksichtigen sind. Auf eine allgemeine Diskussion anderer möglicher Interpolationsmethoden wird hier aus Platzgründen verzichtet (vgl. z. B. GOLDEN SOFTWARE 2002, 114–157).

Im Folgenden werden entsprechend der bei Interpolationen üblichen Terminologie die Fundplätze als Messpunkte und die dort auftretenden Prozentwerte als Messwerte bezeichnet.

Hier wurde für die Interpolation die Software Surfer 8.0 von Golden Software benutzt, bei der die Methoden auf einen rechteckigen Kartenausschnitt angewandt werden. Dieses Programm erlaubt dem Anwender die Auswahl eines Kartenraumes, der sich auch außerhalb der Messpunktverteilung erstrecken kann. Andere Software (z. B. MapInfo Professional Vertical Mapper 3.0) legt die Eckpunkte der Interpolation z. T. automatisch auf die am weitesten außen liegenden Messpunkte, was zu unschönen Kartenbildern führt.

Die ‘trend surface’-Analyse kann nur sehr grob Oberflächentrends abbilden und wurde deshalb von Zimmermann als wenig geeignet für kompliziertere Phänomene angesehen (ders. 1995, 58).

Dieses Verfahren wird heute aufgrund seiner geringen Eignung bei der hier genutzten Software (MapInfo Professional plus Vertical Mapper) z. T. überhaupt nicht mehr als Interpolationsmethode angeboten, z.T. (Surfer 8.0) nur noch als grobes Analysemodul und nicht mehr als Interpolationsmethode.

Warum die anderen von Zimmermann vorgeschlagenen Methoden ('kriging', 'Triangulation mit Glättung', 'trend surface' und 'inverse distance') nicht zur Anwendung kommen, erläutert die folgende Diskussion. Dabei werden die mathematischen und methodischen Überlegungen aufgezeigt, die die Ablehnung begründen.

Zwar ist das '*Kriging*' bei unregelmäßig im Raum verteilten Messpunkten besonders geeignet (MAP INFO CORPORATION 2005, 21f.; vgl. zu 'kriging' CONOLLY/LAKE 2006, 97ff.), jedoch sprechen die folgenden Überlegungen gegen eine Anwendung dieser Methode. Die mathematische Grundannahme beim 'kriging' erfordert, dass das untersuchte Phänomen ein räumlich stationärer oder doch mindestens ein schwach stationärer Prozess ist (TILKE 1995, 8ff.; NIPPER 1981, 33f.). Ein solcher zeichnet sich dadurch aus, dass er überall im Untersuchungsraum in der gleichen Art wirkt. Er darf nicht durch Kausalfaktoren bestimmt sein, die in Teilräumen des Schätzraumes so unterschiedlich wirken, dass, statistisch gesehen, voneinander unabhängige Phänomene zustande kommen. Bei der Versorgung mit Rohmaterial beeinflussen nun meist mehrere, nur in bestimmten Regionen wirksame bzw. nach Regionen stark unterschiedlich wirkende Faktoren das Handeln der neolithischen Menschen. Wie bei den kalifornischen Obsidi- anen schon gezeigt wurde, kann die unterschiedliche Entfernung zu verschiedenen Rohmaterial- quellen in der Art von Kausalfaktoren wirken (vgl. ZIMMERMANN 1995, 60), die nur in bestimmten Räumen zur Geltung kommen. Gleiches trifft auf unterschiedliche Zugänglichkeit der einzelnen Quellen und technische oder ästhetische Vorlieben für bestimmte Materialien zu. Die räumliche Verteilung eines dieser Rohmaterialien ist dann durch ein Bündel unterschiedlichster Faktoren bestimmt, die in verschiedenen Teilräumen unterschiedlich stark aufeinander einwirken.

Diese theoretischen Erwägungen legen nahe, dass für die Interpolation von Rohmaterial- häufigkeiten in der Regel 'kriging' nicht angewendet werden sollte. Ausnahmen liegen dann vor, wenn sichergestellt werden kann, dass die mathematisch erforderliche Grundlage, nämlich das räumlich einheitlich wirkende Kausalphänomen, gegeben ist. Das ist der Fall, wenn *räumliche Erhaltensneigung*, mathematisch auch *räumliche Autokorrelation* genannt, vorliegt. Dann gibt es eine regelmäßige Tendenz zur Ähnlichkeit zwischen Messwerten, die umso höher ist, je näher sie sich liegen.

Räumliche Erhaltensneigung stellt man bei der Anwendung des Kriging mit einem bestimmten Graphen dar, dem sogenannten *Semivariogramm* (CONOLLY/LAKE 2006, 98; NIPPER 1981, 36ff.; STREIT 1981, 48ff.; GOLDEN SOFTWARE 2002, 163ff.; TILKE 1995, 7 und 12). Dabei werden Gruppen von Messpunktpaaren gebildet. Gruppenbildungsprinzip ist es, alle möglichen Paare von Messpunkten, die voneinander durch einen bestimmten Basisabstand (sog. 'lag' bzw. 'lag distance') getrennt werden, zu einer Gruppe zusammenzufassen. Danach werden alle möglichen Paare von Messpunkten gebildet, die durch das doppelte der Basisentfernung getrennt werden usw. bis zu einem wählbaren maximalen Vielfachen des Basisabstandes ('maximum lag distance'; vgl. GOLDEN SOFTWARE 2002, 178). Wichtig ist, dass jeder Messpunkt dabei in zahlreiche Messpunktpaare eingeht und somit zu vielen Messpunktpaargruppen gehört.

Zwischen den Messwerten eines Messpunktpaares bestehen mehr oder weniger große Unterschiede. Nun fasst man alle diese Differenzen für die jeweilige Messpunktpaargruppe zusammen und berechnet daraus einen bestimmten Kennwert, das sogenannte Semivariogramm. Damit erhält man also eine verallgemeinernde Aussage darüber, wie unähnlich sich beim untersuchten Phänomen zwei Punkte sind, die in die gleiche Entfernungsklasse fallen. Dieser Kennwert wird für alle Messpunktpaargruppen berechnet. Wenn sich für unterschiedliche Richtungen verschiedene Semivariogrammwerte bei einer Abstandsklasse ergeben, spricht man von *Anisotropie*, andernfalls von *Isotropie*. Es ist so auch möglich, von der Richtung abhängige Unterschiede (Anisotropie) der räumlichen Erhaltensneigung darzustellen, wenn man als Gruppierungskriterium neben der Trenndistanz auch die Richtung der Verbindungslinie heranzieht.

Um das Semivariogramm abzubilden, benützt man einen Graphen mit X- und Y-Achse. Nach rechts werden die Messpunktpaargruppen so hintereinander aufgetragen, dass zuerst die Gruppe mit dem Basisabstand kommt, dann die mit dem Doppelten des Basisabstandes usw. Nach oben werden die jeweiligen Semivariogrammwerte mit einem Grafiksymbold aufgetragen. Der Y-Wert entspricht dabei einem statistischen Kennwert für die Unähnlichkeit zwischen den Messpunkten, die in der jeweiligen Gruppe zusammengefasst sind. Diese Symbole werden mit einer Linie verbunden, die der Einfachheit halber häufig auch Variogramm genannt wird.

Hat man ein anisotropes Semivariogramm gewählt, wird in den gleichen Graphen zunächst das Variogramm für die Gruppen des ersten Richtungskriteriums mit einem Grafiksymbold und/oder in einer Farbe aufgetragen. Danach trägt man mit anderen Grafiksymbolden und/oder Farben das Variogramm der Gruppen des nächsten Richtungskriteriums ab usw.

Üblicherweise wird aus Vereinfachungsgründen eine Richtungsunabhängigkeit (Isotropie) des Semivariogramms angenommen und nur ein Variogramm erstellt.

Ist das Phänomen von den Messpunkten gut erfasst, sollte mit zunehmender Entfernung zwischen den Messpunkten auch ihre Unähnlichkeit zunehmen – wenn eine räumliche Erhaltensneigung vorhanden ist. Es sollten also die Kennwerte für die Unähnlichkeit zwischen den Punkten einer Abstandsklasse – von links nach rechts gelesen – stetig zunehmen.

In diesem Fall steigt das *Variogramm*, die Verbindungslinie zwischen den einzelnen Semivariogrammwerten, von links nach rechts an. Je eindeutiger und kontinuierlicher dies erfolgt, umso besser hat das Netz der Messpunkte das untersuchte Phänomen erfasst. Je stetiger dieser Anstieg erfolgt, also ohne Sprünge der Variogrammlinie, desto klarer ist die Erhaltensneigung ausgeprägt und desto besser hat man sie mit dem gewählten Basisabstand erfasst. Die Art und Geschwindigkeit des Anstiegs und das Abflachen des Variogramms zur waagrechten Linie liefern die Grundlage, auf der die räumliche Erhaltensneigung mathematisch modelliert wird. 'Kriging' verwendet zur Gewichtung der einzelnen Messwerte bei der Interpolation genau dieses Modell der Erhaltensneigung.

Zeigt die Variogrammlinie dagegen einen stark ausgeprägten Zickzackverlauf, kann die gewählte Gruppierung der Messpunkte, also der Basisabstand dafür verantwortlich sein. Zunächst können experimentell andere Abstände gewählt werden. Liegt es nicht am Basisabstand, könnte die Ursache eine starke Anisotropie der Messwerte oder ein hoher Zufallseinfluss sein, der unabhängig von der räumlichen Erhaltensneigung wirkt. Wird dieser Einfluss zu stark, erscheinen längere waagrechte oder nach rechts abfallende Linienbereiche. Prägen sie den Verlauf, weisen die Daten nicht die für das 'kriging' erforderliche Qualität auf. Zwar könnte eine Erhaltensneigung existieren, mit den Daten lässt sie sich jedoch nicht fassen. Ein ungünstig ausfallendes Variogramm kann also durch die Anordnung der Messpunkte verursacht sein. Denkbar sind etwa zu wenige Messpunkte oder problematische Punktanordnungen –die Erhaltensneigung des Phänomens könnte „durch die Maschen des Messnetzes geschlüpft sein“.

Aus der *Situation in der Bandkeramik* mit ihren gut versorgten zentralen Orten und den mit versorgten Nachbarsiedlungen ergibt sich (vgl. ZIMMERMANN 1995, 106f.), dass die Erfassung räumlicher Erhaltensneigung mittels 'kriging' hier auf besondere Probleme stößt. Tendenziell sind ja die weiter auseinanderliegenden zentralen Orte einander ähnlicher, als ein zentraler Ort zu seinen direkt benachbarten Abnehmersiedlungen. Will man überregional den Anteil eines Rohmaterials interpolieren, dürfte man also entweder nur die zentralen Orte oder die Abnehmersiedlungen in die Datengrundlage aufnehmen. Nimmt man beide auf, so ergibt sich ein Variogramm, bei dem für Messpunktpaare der ersten Entfernungsklasse wesentlich größere Unterschiede erfasst werden, als für Messpunktpaare, die von einem Vielfachen des Basisabstandes getrennt werden.

Solch ein Variogramm weist dann auf eine fürs Kriging ungenügend erfasste räumliche Erhaltensneigung. In diesem Fall ist eine Anpassung der Schätzfunktion kaum möglich. Da man in den meisten Fällen nicht weiss, um welchen Siedlungstyp es sich handelt, gelangen bei einer “normalen“ bandkeramischen Datensammlung beide Typen in den Datensatz. Würde man nur Siedlungen mit eindeutigen Zentralortcharakter aufnehmen, so verblieben beim gegenwärtigen Forschungsstand nur sehr wenige Daten. Da es sich hier um eine “normale“ Datensammlung handelt, sprechen neben den allgemeinen Einwänden im Fall der bandkeramischen Inventare also auch die wirtschaftsarchäologischen Erkenntnisse gegen eine Anwendung des ‘kriging‘.

Um im vorliegenden Fall sicher zu gehen, wurden trotzdem Semivariogramme erstellt. Wie es nach der Diskussion des Einflusses verschiedener Rohmaterialquellen zu erwarten war, zeigte sich auch nach sorgfältigem Variieren der Messpunktgruppierungsparameter sowohl bei den alt-, als auch bei den mittelneolithischen Messpunkten kein Variogramm (s. u. 6.1.2.1. und 6.1.2.2.), dass die Anwendung des ‘kriging‘ erlauben würde (vgl. dagegen z. B. oben 2.2. bzw. 6.1.1.1.1.). Die Hauptursache dafür liegt beide Male mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Anordnung der Messpunkte, die weder regelmäßig noch zufällig ist (s. u.).

Ein Vorgriff auf die Ergebnisse einer anderen Interpolationsmethode zeigt valide Interpolationen (s. u. 4.2.2. und 4.3.2.), was einem Nachweis räumlicher Erhaltensneigung gleichkommt. Wären die Punkte gleichmäßiger bzw. zufällig über die Karten verteilt, so hätte sich die Erhaltensneigung auch in den Variogrammen abgebildet. Wie die Untersuchung der Funddichte in der Bergwerkshalde (s. o. 2.2.) zeigte, können ähnliche Messpunktanzahlen komplizierte Verbreitungsmuster abbilden, wenn sie nur gleichmäßig verteilt sind. Die Interpolation der Rohstoffmenge im Untergrund (s. o. 2.3.) belegt zudem, dass selbst wenige Messpunkte bei gleichmäßiger Verteilung noch annehmbare Ergebnisse erbringen.

Kann man die Position von Messpunkten vor der Interpolation auswählen, ist es also zu empfehlen, eine möglichst gleichmäßige Messpunktverteilung zugrundezulegen. Die Anordnung sollte dabei so dicht sein, dass einem die räumliche Erhaltensneigung nicht, bildhaft gesprochen, durch die Maschen des Messnetzes schlüpft.

Eine weitere hier zu diskutierende Interpolationsmethode ist die ‘*Triangulation* mit Glättung‘. Dabei werden jeweils drei natürlich benachbarte Messpunkte in einem Dreieck verbunden (GOLDEN SOFTWARE 2002, 135). Man kann sich diese Triangulation wie eine Anordnung von dreieckigen Dachziegeln vorstellen. Diese liegen an den Ecken auf den Messpunkten auf, die wie Stifte aus dem zweidimensionalen Raum der Kartenkoordinaten nach oben herausragen.

Die Höhe der Stifte entspricht dem am jeweiligen Punkt gemessenen Wert. Die Oberfläche eines solchen Musters aus Dachziegeln sieht aus, als wäre sie aus lauter dreieckigen Facetten zusammengesetzt. Sie orientiert sich sehr genau an den Messwerten.

Ist eine geringe Zahl von *Messpunkten unregelmäßig im Raum* verteilt, besitzt die Interpolation mittels Triangulation allerdings einen Nachteil. Er betrifft Regionen mit weit auseinanderliegenden Messpunkten und größeren Messwertunterschieden zu (a. a. O., 135 und 152). Die Oberfläche setzt sich nun aus Dreieckskacheln zusammen, die z.T. in größerem Winkel aufeinander stoßen (vgl. MAP INFO CORPORATION 2005, 24 Fig. 3.2). An den Kanten zwischen den Kacheln können deshalb scharfe Grate auftreten. Zwar erfolgt bei den heute implementierten Methoden eine Glättung solcher Bereiche, so dass zwischen den Facetten vermittelt und die Grate entschärft werden. Je geringer allerdings die Anzahl der Messpunkte in Bezug auf die Gesamtfläche ist, desto schärfer treten die Grate trotzdem hervor. Die Oberfläche ähnelt dann mehr einem geschliffenen Edelstein und das Interpolationsergebnis ist von diesen künstlichen Effekten mitgeprägt. Je größer die zugrunde liegenden Dreiecke bzw. Kacheln sind, d. h. je größer die Flächen sind, in denen nur wenige Messpunkte liegen, desto stärker treten die Facettenkanten zwischen den Dreiecksflächen als langgezogene gerade Kanten der interpolierten Oberfläche hervor – solche Karten sind also unrealistische Schätzungen.

Gerade die Struktur von archäologischen Daten weist oft Bereiche auf, in denen *Facetten* auftreten können – etwa wenn bei Regionaluntersuchungen unterschiedliche Messpunktdichten vorliegen. Das ist auch bei dieser Untersuchung der Fall (s. u. Abb. 4.3, 4.4, 4.14 und 4.15). Nur bei ausreichend vorhandenen Messpunkten erzeugt die ‘Triangulation mit Glättung’ qualitätvolle Interpolationen. Die Messpunktdichte sollte also hoch sein und den Untersuchungsraum gleichmäßig abdecken. Der Einsatz der Methode empfiehlt sich daher erst ab Datensätzen mit über 250 gleichmäßig verteilten Messpunkten. Erst ab etwa 1000 Messpunkten kommt ihre Stärke voll zur Geltung (GOLDEN SOFTWARE 2002, 135 und 155). Die hier vorliegenden Messpunktverteilungen und -anzahlen sprechen klar gegen ihre Anwendung. Wie zu erwarten, zeigten auch Testläufe das beschriebene Bild einer kantigen, facettenreichen Oberfläche, die völlig unbrauchbar für Analysen und weitere Berechnungen war.

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass die ‘Triangulation mit Glättung’ vor allem bei der Nachdigitalisierung von Höhenlinienkarten mit entsprechend vielen Punkten geeignet ist um genaue Geländemodelle zu entwerfen (vgl. CONOLLY/LAKE 2006). Dies gilt besonders für Landschaften, von denen noch keine digitalen Geländemodelle erstellt wurden bzw. die vor einer digitalen Vermessung bis zur Unkenntlichkeit verändert wurden.

Die letzte Methode, deren Einsatz hier kritisch diskutiert wird, wird als *'inverse distance'* bezeichnet. Schätzungen mit diesem Verfahren sind häufig vom sog. *'bull's eye effect'* betroffen (GOLDEN SOFTWARE 2002, 114 und 150). Dabei werden lokale Eigenheiten einer Verteilung besonders stark betont. Um solche Messpunkte herum entstehen konzentrisch angeordnete, kreisrunde Isolinien, die im Kartenbild wie das Zentrum einer Dartscheibe aussehen, daher die Bezeichnung *'bull's eye effect'*.

Vor allem wenn Messpunktverteilungen zwei Eigenschaften kombiniert aufweisen, werden Interpolationen in inakzeptabler Weise vom *'bull's eye effect'* beeinflusst. Die eine Eigenschaft betrifft die räumliche Verteilungsstruktur der Messpunkte. Schwankt die Dichte einer Messpunktverteilung regional stark, wird sie also von relativ isoliert liegenden und zugleich von eng zusammengedrängten Messpunkten geprägt, entsteht für die Methode *'inverse distance'* eine kritische Situation. Treten zudem in relativer räumlicher Nähe – bezogen auf die durchschnittlichen Abstände der Messpunkte – starke Differenzen zwischen den Messwerten auf, ist der inakzeptable *'bull's eye effect'* nicht zu verhindern. Das gilt selbst dann, wenn die Rechenparameter *"Anzahl der beachteten Messwerte"* und *"Einfluss der Entfernung auf Gewichtung des Messwertes"* (vgl. ZIMMERMANN 1995, 59) sowie *"genaue Beachtung der Messwerte"* optimal angepasst werden. Die hier benutzten Messwerte und Messpunktverteilungen (s. u. Abb. 4.3 , 4.4, 4.14 und 4.15) ließen solche Effekte erwarten. Bei Testläufen mit experimentell variierten Parametern stellte sich folglich heraus, dass sämtliche Interpolationen mehr oder weniger stark vom *'bull's eye effect'* betroffen und damit unbrauchbar waren.

Es sei an dieser Stelle allgemein von der Benutzung des *'inverse distance'* abgeraten, wenn andere Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Die Methode stammt aus einer Zeit, als die Rechenkapazität von Computern stark begrenzt war, und der einzige Vorteil des *'inverse distance'*, seine geringe Rechenzeit, noch ein echtes Argument bei der Wahl der Interpolationsmethode darstellte. Heutzutage überwiegen aber eindeutig die beschriebenen Nachteile.

Eine letzte bisher noch nicht verwendete Methode, die Schätzung mit einer sogenannten radialen Basisfunktion (*'radial basis function'*), sei kurz erwähnt. Diese Methode wurde m. W. in der Archäologie noch kaum eingesetzt, obwohl sie aufgrund ihrer einfachen Mathematik durchaus stabile und verlässliche Ergebnisse erzeugen kann. Es wird schlicht angenommen, dass die Werte in der Umgebung eines Messpunkts mit einer Formel geschätzt werden können, in die als Parameter vor allem der Abstand zwischen Messpunkt und Schätzpunkt eingeht (HAIGH 1992), also der Radius um den Messpunkt; daher der Name radiale Basisfunktion.

Von den möglichen Basisfunktionen wird von Haigh speziell die gaussische Basisfunktion für den archäologischen Anwendungsfall empfohlen (ders. 1992, 159f.). Dabei ist nur zu beachten, dass der notwendige Parameter Sigma in etwa dem durchschnittlichen Abstand zwischen den nächsten Nachbarn der Messpunkte entspricht (vgl. o. 2.1.4.1.). Da in der zur Verfügung stehenden Software (Surfer 8.0.) die Gaussische Basisfunktion nicht implementiert ist (vgl. GOLDEN SOFTWARE 2002, 132ff.), konnte ihre Eignung nicht überprüft werden.

Die vorangegangenen Passagen waren der Frage gewidmet, warum andere Interpolationsmethoden, die im Zusammenhang mit diesem Forschungsansatz vorgeschlagen wurden, hier nicht zur Anwendung kommen. Im Folgenden wird ausführlicher auf die *hier verwendete Interpolationsmethode* eingegangen.

Zur Erstellung der Anteilskarten für das Alt- und das Mittelneolithikum wurde beide Male die Interpolationsmethode ‘*minimum curvature*’ verwendet (BRIGGS 1974; SMITH/WESSEL 1990). Sie wird auch kurz als ‘splines (in tension)’ bezeichnet (CONOLLY/LAKE 2006, 97). Es handelt sich um eine so genannte integrale Methode, die kein Vorwissen über die Struktur des untersuchten Phänomens voraussetzt (SMITH/WESSEL 1990, 293f.). Die mathematischen Voraussetzungen für ihre Anwendung sind wesentlich unspezifischer als für das ‘kriging’. So kann ‘*minimum curvature*’ immer noch verlässliche Ergebnisse liefern, wenn das ‘kriging’ aufgrund eines unzutreffenden Semivariogrammodells zunehmend unrealistischere Schätzungen ergibt. Folgt die Erhaltensneigung in verschiedenen Teilen des Arbeitsbereiches unterschiedlichen Grundmustern, ist ‘*minimum curvature*’ noch in der Lage eine grobe Schätzung zu erstellen. Besonders bei Verteilungen, die von menschlichen Handlungen hervorgerufen wurden, und bei denen möglicherweise verschiedene Verhaltensgrundmuster und dementsprechend verschiedene Muster der räumlichen Erhaltensneigung auftreten können, liefert diese Methode noch stabile Ergebnisse.

Der *Vorteil der Methode* ist also, dass sie mit unterschiedlichen Mustern räumlicher Erhaltensneigung arbeiten kann. Solche Fälle treten vor allem bei Phänomenen auf, die über einen weiten Raum verbreitet sind, und bei denen die Möglichkeit besteht, dass ihre Verbreitung in verschiedenen Regionen auf unterschiedliche Verhaltensweisen zurückgeht. Im archäologischen Anwendungsfall ist diese Frage zunächst meist unklar. Versagt aber ‘kriging’ bzw. ist es nicht möglich ein brauchbares Semivariogrammodell zu etablieren, kann ein Fall vorliegen, bei dem ‘*minimum curvature*’ noch anwendbar ist. Die Methode ist auch unempfindlicher gegen Messpunktverteilungen mit stark variierenden lokalen Dichten und bis zu einem gewissem Umfang (s. u.) auch gegen kleinräumlich stark schwankende Messwerte.

Erst wenn auch mehrere verschiedene Grundmuster der räumlichen Erhaltensneigung auf kleinem Raum zusammenstoßen, ist auch beim ‘minimum curvature‘ die Grenze der Arbeitsfähigkeit erreicht. Meistens sind jedoch in solchen Fällen zwischen den betroffenen Regionen Übergangsbereiche anstatt scharfer Grenzen vorhanden. Dies erlaubt es der Methode, in solchen Regionen zwischen verschiedenen Effekten zu vermitteln.

Die Methode besitzt aber zwei *Nachteile*. Erstens kann sie “langwellige“ Einflüsse schlechter erfassen als andere Methoden (GOLDEN SOFTWARE 2002, 124). Das sind Phänomene, die nur bei großen Distanzen – groß in Bezug auf den Raum der Messpunkte – erkennbar werden. Diese Einflüsse sind aber in der Regel nur sehr schwach. Sie treten in erster Linie bei geophysikalischen Phänomenen auf, weshalb dieser Nachteil hier nicht wirksam wird.

Der zweite Nachteil dagegen betrifft alle Anwendungen. ‘Minimum curvature‘ gibt nicht wie ‘kriging‘ eine Varianz für die Schätzung an (SMITH/WESSEL 1990, 294). Es gibt keine mathematische Aussage zur Schätzgüte, wie etwa die Angabe der Standardabweichung für die Schätzung an einem Punkt. Ein direkter Kennwert für die Genauigkeit fehlt also. Für eine mathematische Qualitätskontrolle ist dies unerfreulich. Zur Überprüfung, in wieweit sich einzelne Messwerte mit der Schätzung vertragen, muss daher auf die Konfidenzintervalle der Messwerte zurückgegriffen werden. Liegt der Schätzwert innerhalb des Intervalls, sind Schätzung und Messwert gut zu vereinbaren.

Anstatt der Streuung wird für ‘minimum curvature‘ die sogenannte Interpolation mit Kreuzbewertung als *Qualitätskontrolle* angeboten (‘cross validation‘ GOLDEN SOFTWARE 2002, 100ff.). Dabei wird eine Probeinterpolation durchgeführt, bei der jeweils ein Messpunkt ersatzlos gestrichen und nur mit den verbleibenden Messpunkten weitergerechnet wird. Der an den Koordinaten des gestrichenen Messpunktes geschätzte Wert wird mit dem zuvor gestrichenen Messwert verglichen und ihre Differenz gespeichert. So wird mit einer vorher gewählten Zahl von Messpunkten verfahren. Interpoliert man wiederum diese Differenzen, zeigt die Oberfläche im Fall des ‘minimum curvature‘, wie stark die Interpolationsoberfläche durch einzelne Messpunkte gestützt wird und wie repräsentativ diese für ihre Umgebung sind (vgl. u. 6.1.2.1. und 6.1.2.2.). Ein mathematisches Maß für die Schätzunsicherheit erhält man so aber immer noch nicht. Es lässt sich so nur die Bedeutung einzelner Messpunkte für die Interpolation beurteilen. Führt die Kreuzbewertung zu starken Ausschlägen bei einzelnen Messpunkten, sollten deren Qualität nochmals intensiv geprüft werden.

Die *Mathematik* des ‘minimum curvature‘ kann und soll hier nicht erläutert werden (vgl. BRIGGS 1974, 40ff.; SMITH/WESSEL 1990, 302ff.) – nur soviel, mathematisch wird für eine stets gleich bleibende Ableitung des Gefälles der zu erzeugenden Schätzkarte gesorgt.

Es gibt für die Funktionsweise der Schätzmethode aber auch eine eingängige Metapher. Damit kann man indirekt auch die Vorteile der heutzutage gebräuchlichen, verbesserten Version, des *'continuous curvature with splines in tension'*, nachvollziehen. Eine dünne elastische Metallplatte wird auf eine Fläche gelegt, aus der die Messpunkte als Stifte herausragen (STUDINGER 1998, 50). Die Höhe der Stifte entspricht den Messwerten. Die Platte wird den Stiften so angepasst, dass sie nach Möglichkeit die Spitzen aller Stifte berührt. Die so interpolierte Oberfläche nimmt in der Regel an den Messpunkten den dort gemessenen Wert ein (GOLDEN SOFTWARE 2002, 124; SMITH/WESSEL 1990, 294).

In einigen Fällen neigt aber auch *'minimum curvature'* zu *Über- und Unterschätzungen* an den Messpunkten. Das kommt vor allem dann vor, wenn bei mehr als zwei enger benachbarten Messpunkten zumindest zwei dieser Punkte einen ganz ähnlichen Messwert aufweisen, während mindestens ein Dritter einen stark unterschiedlichen besitzt. In der Begrifflichkeit der Metapher gesagt, man kann die Blechplatte auf kleinem Raum nicht so stark verbiegen, da die Formel für mögliche Verbiegungen nur kontinuierliche Trends abbilden und deshalb nicht auf solche Sonderfälle eingehen kann. In diesen, in der Regel seltenen, Fällen unterscheiden sich also die für eine Rastereinheit geschätzten Werte von den an diesen Koordinaten gelegenen Messwerten.

Nach der bereits oben angeführten Situation in der Bandkeramik mit ihren Verteiler- und Abnehmersiedlungen ist also zumindest in dieser Zeit von vornherein zu erwarten, dass bei entsprechenden Messpunktverteilungen dieser Effekt auftritt. Seine Größe sollte dann mit den Differenzen zwischen den Siedlungstypen korrelieren. Bei den hier berechneten Karten wurde dann in folgender Weise verfahren: War die Bezugsmenge aller Silices ermittelbar, wurde bei einer Über- oder Unterschätzung von mehr als drei Prozentpunkten für die betroffenen Messwerte anhand des Konfidenzintervalls überprüft (vgl. ZIMMERMANN 1995, 60), ob hier statistisch bedeutsame Probleme auftraten. Die Ergebnisse dieser Qualitätskontrolle werden jeweils bei der Vorstellung der entsprechenden Karte diskutiert (s. u. 4.2.2. und 4.3.2.).

Die *Bezeichnung* *'minimum curvature'* für diese Methode rührt daher, dass bei beständig mit veränderten Parametern wiederholten Berechnungen mathematisch versucht wird, einen bestimmten Wert zu minimieren (BRIGGS 1974, 42f.). Dieser Wert entspricht in der Metapher dem quadrierten Wert für die Wölbung bzw. Krümmung der Metallplatte, der über ihre gesamte Fläche aufsummiert wird. Eine Minimierung dieses Wertes erzeugt eine Oberfläche, deren Wölbung sich mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit verändert. Dies garantiert, dass es keine scharfen Absätze zwischen benachbarten Teilflächen geben kann. Eine in dieser Art an die Messpunkte angepasste Metallplatte ist die gleichmäßigste Oberfläche, die durch diese Punkte gezogen werden kann (a. a. O., 44).

Eines der *Probleme beim Einsatz* von ‘minimum curvature’ ist leicht zu korrigieren. Die Methode schreibt einen räumlichen Trend bis zum Rand der Untersuchungsfläche fort, wenn dort keine weiteren Messpunkte liegen. Sind mehrere zum Rand hin gelegene Messwerte ungefähr gleich groß, verläuft die Oberfläche auf der Höhe dieser Messwerte quasi waagrecht bis zum Rand. Wenn das interpolierte Phänomen bekannterweise am Rand den Wert Null annimmt, es aber dort keine Messpunkte mit dem Wert Null gibt, würden diese letzten Messwerte den Trend bis zum Rand prägen und selbst dort würden Werte größer Null geschätzt. In solch einem Fall müssen daher künstliche Nullpunkte am Rand eingesetzt werden, um dem Phänomen gerecht zu werden. In ähnlicher Weise werden auch andere Trends fort geschrieben. So können auch in schlecht gestützten Bereichen große Flächen auftreten, deren Schätzwerte zum Teil Ergebnis eines methodischen Artefaktes sind.

Ein weiteres Problem betrifft *Randbereiche* von Regionen mit hohen Messwerten. Wie beschrieben kann man sich die Messpunkte als Stifte vorstellen, die aus der Fläche der Koordinatenebene herausragen. Ragen in einem Bereich hohe Stifte umgeben von niedrigeren aus der Koordinatenebene hervor, also Messpunkte mit hohen umgeben von Messpunkten mit niedrigen Messwerten, so überdeckt die dünne elastische Metallplatte alle Stifte und es entsteht eine Art ‘Erhebung’ an der Stelle der hohen Messwerte. Diese Erhebung besitzt nach außen hin abfallende Hänge, wo die interpolierte Oberfläche durch die niedrigeren umgebenden Stifte (Messpunkte) verläuft. Auch dieser abwärts gerichtete Trend wird nun von der Methode verlängert, bis neue Messpunkte einen anderen Oberflächenverlauf erzwingen. Da die Messwerte die dritte Dimension im Koordinatenraum bilden, werden sie von der Methode ebenso behandelt, wie eine dritte Raumkoordinate. Eine solche Koordinate kann nun auch negative Werte besitzen. Demnach kann auch die interpolierte Oberfläche negative Werte einnehmen. Dies geschieht, wenn nahe des Hangfußes keine weiteren niedrigen Messwerte (größer oder gleich Null) liegen, die die Metallplatte vom abwärts weisenden Trend weg, und wieder hin zu einem waagrechten Verlauf zwingen.

Bei vielen untersuchten Phänomenen können die Schätzwerte per Definition keine negative Werte annehmen. Im vorliegenden Fall sind beispielsweise negative Prozentwerte eines Silexrohmaterials eine abstruse Vorstellung. Dieses Problem ist jedoch leicht zu beseitigen, wenn man sich die logische Implikation der Oberflächenbereiche mit negativen Werten vergegenwärtigt. Die Schätzung ist an allen diesen Stellen kleiner als Null. Wenn nun Null der kleinste zulässige Wert für eine Schätzung ist, muss man nur die unzulässigerweise negativen Werte durch Null ersetzen und erhält eine, zumindest logisch, akzeptable Schätzung.

Unter Verwendung des Programmmoduls 'Grid-Math' in Surfer 8.0 wurden mit logischen Operationen bei beiden Karten (Alt- und Mittelneolithikum) alle negativen Werte durch den Wert Null ersetzt (GOLDEN SOFTWARE 2002, 418). Die so erzeugten Oberflächen besitzen nur noch Werte größer oder gleich Null. Allerdings ist innerhalb der Maximalverbreitung grundsätzlich mit Anteilen größer als Null zu rechnen. Diese Nullbereiche innerhalb der Verbreitungsgrenzen sollte man sich als Regionen vorstellen, in denen Arnhofener Hornstein mit sehr geringen einstelligen Prozentwerten oder nur im Promillebereich auftritt.

Eine weitere damit verbundene Problematik ist nicht so einfach zu lösen. Wenn die nächsten Messpunkte mit niedrigen Messwerten nicht am Fuß des Hanges, sondern weiter entfernt liegen, so verhält sich die quasi mit einem elastischen Material modellierte Oberfläche auf folgende Weise. Zunächst nimmt sie wie beschrieben negative Werte an. Kommt man nun den weiter entfernt liegenden niedrigen Messpunkten näher, so kehrt sich der Trend wieder um und die interpolierte Oberfläche steigt wieder an, verläuft durch diese Messpunkte und nimmt 'dahinter', zwischen diesen und den wiederum nächsten Messpunkten, Schätzwerte ein, die alleine durch die in der Methode simulierte Elastizität hervorgerufen werden. In der Metapher ausgedrückt, biegt sich die Platte beispielsweise quasi durch die Stiftspitzen bedingt nach oben und behält diesen Trend bei, bis sie ihren Verlauf wieder an andere Stiftspitzen anpassen muss. Sie wölbt sich also nicht aus empirischen sondern aus rein methodischen Gründen in dem beschriebenen Bereich in einer Art auf, die zu einem rechnerisch bedingten, künstlichen Wert führt, einem sogenannten methodischen Artefakt. Wie jedem aus Spielereien mit Papier oder anderem elastischen Material bekannt, führt ja die Elastizität dazu, dass die Ausübung von Druck oder Zug in einem Bereich Verwerfungen in einem anderen Areal hervorruft. Auf diese Weise erzeugt also die Methode Interpolationsbereiche mit rein artifiziellen, nicht vom untersuchten Phänomen gestützten, Schätzwerten. In so einem Fall sollte man unbedingt versuchen, weitere Messpunkte für die zunächst mit Punkten unbelegten Areale zu finden.

Ist dies nicht möglich, bleibt einzig eine Modifikation der fehlerhaften Bereiche mit von der Empirie gestützten, plausiblen Werten, wobei man versucht, zwischen Empirie und Methode zu vermitteln. Die so erzeugten Werte sind aber im strengen Sinn keine objektive Schätzung mehr. Greift man so in die Interpolation ein, sind die betroffenen Bereiche klar zu identifizieren, um darauf aufbauende Ergebnisse auch von dieser Seite kritisierbar zu halten. Die Art des Eingriffes wird weiter unten genauer erläutert. Die betroffenen Bereiche und ihr Einfluss auf die weiteren Berechnungen werden jeweils bei der Besprechung der Karten ausgewiesen (s. u. 4.2.2. und 4.3.2.).

Ein weiteres Problem betrifft Randbereiche ohne Messpunkte. Bei entsprechender Lage der natürlichen (Inventare) und künstlichen (Kontrollpunkte) Nullpunkte können sich minimale Effekte so in Richtung Rand fortpflanzen, dass hier ebenfalls unerwartete Werte mit Artefaktcharakter auftreten. Behebt ein begrenztes Umsetzen der künstlichen Kontrollpunkte diesen Effekt nicht, muss eingegriffen werden, um eine an der Empirie orientierte Schätzung zu erhalten. Dieses Problem trat zweimal auf. Bei der Isolinienkarte für die Bandkeramik musste ein solcher Fehlerbereich im Elsaß beseitigt werden. Der Fehler lag allerdings im Bereich geringer einstelliger Prozentwerte. Im Fall des Mittelneolithikums tauchte ein solcher Fehlerbereich in der Nordostecke der Karte, in Zentralpolen, beiderseits der Weichsel zwischen Wartheoberlauf und Bug auf. Dieser Fehler war beträchtlich und lag bei bis zu 20 Prozentpunkten.

Die Fehler wurden alle auf ähnliche Art mit dem Programmmodul 'Grid-Math' beseitigt, wie weiter unten für die Überschätzungen beschrieben. In einem aus einem (LBK) bzw. zwei (MN) Rechteck(-en) zusammengesetzten Kartenausschnitt(-en) wurden alle Schätzwerte durch ihren natürlichen Logarithmus ersetzt. Da diese Operation nur auf rechteckige Kartenausschnitte angewendet werden kann, besitzt die mittelneolithische Rasterkarte an den Grenzen des 'reparierten' Bereiches verlaufende scharfkantige Absätze in der Größenordnung von etwa 0,5 Prozentpunkten. Bei der Bandkeramikkarte fällt dieser Effekt praktisch nicht ins Gewicht. Die betroffene Region der Mittelneolithikumskarte liegt fast vollständig außerhalb der Verbreitung des Arnhoferer Hornsteins zu dieser Zeit. Deshalb konnte der Kartenausschnitt in Abschnitt 4.3. so gewählt, dass der betroffene Bereich nicht abgebildet wurde. Im Übrigen wäre dieser Effekt nur bei entsprechend fein abgestuften Isolinien zu bemerken. Der gesamte fehlerhafte und reparierte Bereich in der mittelneolithischen Karte betrifft also eine Region, die für diese Studie vernachlässigbar ist. Der hier beschriebene restliche Fehler in der Rasterkarte hat daher keinerlei Einfluss auf alle weiterführenden Auswertungsschritte. Ebenso haben die Spuren des beseitigten kleinen Fehlers in der Bandkeramikkarte keinerlei Auswirkungen auf die Auswertung.

Nach dieser Erläuterung der Funktionsweise wird besonders für die methodisch interessierten Leser die *genaue Anwendung* der Interpolationsmethode '*minimum curvature*' beschrieben. Wie bei vielen anderen Methoden ist es auch hier möglich bzw. notwendig, durch die Anpassung mehrerer einstellbarer *Parameter* das Vorgehen genau auf das untersuchte Phänomen abzustimmen. Vor allem die vier Parameter 'Internal Tension', 'Relaxation Factor', 'Maximum Residual' und 'Maximum Iteration' sind zu beachten.

Der erste dieser Parameter wird in der verwendeten Software (Surfer 8.0, Golden Software) als ‘*Internal Tension*‘ bezeichnet. Beim originalen ‘*minimum curvature*‘ führt die Elastizität der Metallplatte in solchen Bereichen zu Über- und Unterschwingern, die in ihrem Zentrum nicht von Messpunkten gestützt werden und an ihrem Rand besonders starke Unterschiede zwischen benachbarten Messwerten aufweisen (SMITH/WESSEL 1990, 294).

Solche Über- und Unterschwinger sind eigentlich lokale Extremwerte zwischen den Messpunkten, die die Werte der nächstgelegenen Messpunkte über- oder unterschreiten. Wenn man annimmt, dass zwischen den verwendeten Messpunkten keine solchen Extremwerte auftreten, muss dieses Phänomen beseitigt werden. Bei der Verwendung der von Smith und Wessel verbesserten Methode (dies. 1990), die auf sogenannte ‘*splines in tension*‘ zurückgreift, wird dafür die Metallplatte unter eine Spannung (engl. *tension*) gesetzt. Je stärker diese Oberflächenspannung ausfällt, desto kleiner werden die von den Messwerten ungestützten lokalen Extremwerte. Bei extremen Parameterwerten ändert sich die Plattenwölbung dann jeweils an den Messpunkten am stärksten. In der Metapher entspräche dies einer sehr dünnen Blechplatte, die sich durch die Einbeziehung der Spannung jetzt eher verhält wie ein intensiv gestärktes Leintuch: Das Verbiegen zwischen den Auflagestiften wird durch immer stärkeres ‘*Glattziehen*‘ zunehmend verhindert.

Der Parameter Oberflächenspannung soll also die sonst zwischen Messpunkten manchmal auftretenden lokalen Extremwerte vermeiden. Dies erfolgt mathematisch durch einen Kompromiss auf Kosten der Gleichmäßigkeit der Wölbung. Eine Platte unter Spannung ist nicht mehr die gleichmäßigste Oberfläche, die durch diese Punkte gezogen werden kann. Die Wölbung verändert sich jetzt stärker, als sie es nach dem ursprünglichen Minimierungskriterium dürfte. In der Praxis bedeutet eine Oberflächenspannung, dass man die Existenz zunächst nicht erfasster Extremwerte ausschließt. Beim derzeitigen Forschungsstand möchte ich aber solche Phänomene nicht grundsätzlich ausschließen. “Spannt“ man die Interpolation über die Messpunkte, heißt das, man billigt diesen Messpunkten eine absolute Repräsentativität für die umgebenden Regionen zu. Würde man also ‘*minimum curvature*‘ mit Spannung benutzen, so postuliert man zwei Aussagen. Erstens, dass man ein Vorwissen bezüglich der Struktur des Phänomens besäße, nämlich über die Nichtexistenz dieser Extremwerte. Zweitens entspräche dies einer rigiden Einschätzung der Aussagekraft bzw. Repräsentativität der Quellen für die jeweiligen umgebenden Regionen. Es würde bedeuten, man habe mit den Messpunkten alle wichtigen Inventare erfasst. Ein solcher Optimismus ist aber beim gegenwärtigen Forschungsstand nicht angebracht.

Deswegen wurde hier auf die Benutzung des Parameters 'Internal Tension' verzichtet und stets ein dem originalen 'minimum curvature' entsprechender Weg gewählt (Wert "0"), selbst auf die Gefahr hin, stärkere lokale Über- und Unterschätzungsphänomene zu erhalten.

Der zweite Parameter bezieht sich auf die Elastizität bzw. die Starrheit ("flexure rigidity"; SMITH/WESSEL 1990, 295) der Metallplatte im Verhältnis zu den durch die Auflagestifte erzeugten Biegekräften. Der sog. 'Relaxation Factor' beschreibt, wie stark die Platte auf die Verformung durch Auflage auf einen Messpunktstift reagiert (GOLDEN SOFTWARE 2002, 124). Wählt man eine hohe Starrheit, gibt es weniger Verbiegung und folglich kann die Oberfläche schneller berechnet werden und vice versa. Es kann jedoch der Fall auftreten, dass die Oberfläche in zwei eng benachbarten Regionen jeweils durch viele nahe benachbarte Messpunkte gestützt wird. Wenn die eine Region mit vielen ähnlich niedrigen Werten und die andere Region mit vielen ähnlich hohen Werten besetzt ist, läuft eine zu starre Platte zwar in beiden Regionen durch die Messpunktspitzen, an der Grenze zwischen beiden aber kann sie sich nicht stark genug verbiegen. Theoretisch ausgedrückt bedeutet dies, die Grenze zwischen zwei unterschiedlichen Arten der räumlichen Erhaltensneigung ist so scharf, dass die Methode versagt (vgl. o.). In so einem Fall verläuft die Oberfläche nicht mehr durch die Messpunktspitzen, die der Grenze am engsten benachbart sind. Schlimmstenfalls kann keine kontinuierliche Oberfläche erzeugt werden. Metaphorisch gesehen entspräche dies einem Bruch der Metallplatte. Wenn hier auch nach Versuchen mit anderen Parameterwerten kein Ergebnis erzielt werden kann, hat man immerhin einen Anhaltspunkt dafür, dass das Phänomen auf unterschiedliche Verhaltensmuster zurückgeht, die scharf aneinander grenzen. Von der Software wird in diesem Fall die Berechnung abgebrochen und eine Fehlermeldung ausgegeben ('minimum curvature did not converge').

Der Parameter 'Relaxation Factor' darf zwischen 0 und 2 variieren, wobei 1 der Standardwert ist. Es gibt jedoch keine mathematische Regel oder sonst irgendeine Faustregel für seinen Wert. Man kann ihn nur durch Versuch und Irrtum ermitteln (GOLDEN SOFTWARE 2002, 124). Nach mehreren Versuchen wurde für die Linearbandkeramik die Standardeinstellung übernommen, beim Mittelneolithikum wurde 1,1 als Parameterwert gewählt.

Der dritte Parameter '*Maximum Residual*' ist ein willkürlich wählbares Maß dafür, wie gut die Lösungen für die Interpolationsgleichungen an die eine wahre mathematische Lösung dieser Gleichungen angenähert sind (SMITH/WESSEL 1990, 297f.). Es sei betont, dass diese Wahrheit nichts mit der Beziehung zwischen interpoliertem Phänomen und der Realität des Phänomens zu tun hat. Es handelt sich ausschließlich um eine mathematische Verfahrensfrage.

Die Berechnung der jeweiligen Rastereinheiten erfolgt im Verlauf der Interpolation durch Gleichungen (Algorithmen), die wiederholt gelöst werden müssen, da ihre erste Berechnung nur jeweils eine Annäherung an die einzige richtige mathematische Lösung ist. Den Ausgang für diese Gleichungen bildete die Trendoberfläche durch die Messpunkte (GOLDEN SOFTWARE 2002, 121). Um hier die Berechnungszeiten zu verkürzen, wurde von Smith und Wessel ein Maß entwickelt, das sie Konvergenz nannten (SMITH/WESSEL 1990, 297f.). Mit jeder Wiederholung werden die Gleichungsergebnisse besser an die Messpunkte angepasst. Mit fortschreitender Berechnung verringern sich also die Unterschiede zwischen den Schätzwerten des aktuellen und des vorangegangenen Durchgangs.

Mit der Größe des Parameters 'Maximum Residual' wählt man nun aus, ab wann man die Annäherung der Gleichungsergebnisse an die Messpunkte für ausreichend hält. Während der Berechnung wird ständig überprüft, ob die größte auftretende Annäherung kleiner ausfällt, als der zuvor gewählte Parameter. Ist dies der Fall, so ist die zuvor festgelegte Konvergenz erreicht und die Berechnung wird abgeschlossen (GOLDEN SOFTWARE 2002, 125). Als Faustregel kann ein Zehntel der Genauigkeit, mit der an den Messpunkten gemessen wurde, als 'Maximum Residual' eingesetzt werden. Mögliche, mathematisch bessere, Interpolationen liegen damit soweit im Bereich der eigenen Messungenauigkeiten, dass sie vernachlässigt werden können. Im vorliegenden Fall wurden die Arnhofenanteile auf eine Dezimalstelle hinter dem Komma genau gemessen, der Parameter wurde daher in allen Fällen auf 0,01 gesetzt.

Der vierte und letzte hier besprochene Parameter ist die sogenannte 'Maximum Iteration'. Sie gibt an (GOLDEN SOFTWARE 2002, 123 und 124), wieviele Wiederholungen der Software für den oben beschriebenen Algorithmusdurchlauf zur Verfügung stehen (vgl. BRIGGS 1974, 43). Um mit dem Algorithmus alle Rastereinheiten auf der zu interpolierenden Fläche angemessen zu berücksichtigen, sollte die Anzahl der Wiederholungen mindestens so groß sein wie die Zahl der Rastereinheiten in der Karte. Zerlegt man die Rasterkarte in ihre Bestandteile, die sogenannten Rastereinheiten, Gitterknoten oder schlicht Pixel, kann man die Größe dieser Karte auch in der Spalten- und Zeilenzahl der Pixel ausdrücken. Die Anzahl der Iterationen sollte also größer sein als das Produkt aus diesen beiden Zahlen. Da bei Werten, die das Doppelte dieses Produktes überschreiten, keine Verbesserung mehr auftreten, wählt man einen Wert zwischen diesen beiden Eckpunkten (GOLDEN SOFTWARE 2002, 123). Der Parameter ist demnach durch Auflösung und Größe der Rasterkarte bedingt. Daher ist er für jede Karte individuell zu gestalten – auch wenn das gleiche Phänomen untersucht wird. Die Größe der Rasterkarten und die entsprechenden Parameterwerte werden bei der Vorstellung der Karten in den Abschnitten 4.2.2. und 4.3.2. mitgeteilt.

Der hier *nicht diskutierte Parameter* ‘Boundary Tension‘ beeinflusst die Elastizitätseigenschaften am Rand der Karte (a. a. O., 124). In der Regel muss seine Standardeinstellung nicht verändert werden. Nur wenn bei einer Interpolation Bereiche wichtig sind, die verhältnismäßig weit außerhalb der Messpunktverteilung liegen, muss man sich mit diesem Parameter auseinandersetzen. Hier war dies nicht nötig.

Nach der Beschreibung der genauen Rechenmethode ist noch einmal kurz auf den räumlichen Aspekt der Datengrundlage zurückzukommen. Nicht nur die Werte an den Messpunkten sondern auch die *Verteilung der Punkte* beeinflusst das Ergebnis einer Interpolation (HODDER/ORTON 1976, 163f.). Zur optimalen Erfassung eines Phänomens sollten die Messpunkte aus einfach nachvollziehbaren Gründen die gesamte Untersuchungsfläche in einem gleichmäßigen Raster abdecken. Dies kann bei einer Untersuchung wie der hier angestrebten nicht umgesetzt werden, da bei diesem Vorgehen die Messpunkte von vornherein festliegen. In solch einem Fall wäre es wünschenswert, wenn die Messpunkte in ausreichender Zahl vorliegen, und man für sie eine Zufallsverteilung annehmen darf. Da hier die räumliche Verteilung dieser Punkte nicht im Vordergrund steht, wird an dieser Stelle keine der anspruchsvolleren Untersuchungsmethoden aus dem Bereich der Punktfeldstatistik verwendet, die im Abschnitt 2.1.4. zur Anwendung kamen.

Stattdessen wird auf eine einfache Methode zurückgegriffen, die auch ohne größeren rechnerischen Aufwand selbst durchgeführt werden kann. Geeignet erscheint hier eine Methode, die auf der Basis von Quadratauszählungen einen Test auf Zufallsverteilung ermöglicht. Sie wird als Quadratanalyse oder – auf Englisch – als ‘quadrat count‘ bezeichnet (BOOTS 1992, 408f.; DIGGLE 2003, 21f.; HODDER/ORTON 1976, 30ff; UPTON/FINGLETON 1985, 27; zum genauen Vorgehen siehe DAVIS 1986, 301ff.).

Einige vorangestellte Überlegungen verdeutlichen die *Verteilungsproblematik*. Die Verteilungen der untersuchten Inventare sind zum Teil Ergebnis von Forschungsschwerpunkten, weshalb von vornherein von gewissen zufallsunabhängigen Aspekten ausgegangen werden kann. Die Lage von Siedlungen ist auch vom Auftreten bevorzugt besiedelter Landschaftsarten bedingt und damit ebenfalls nicht zufällig (vgl. u. 4.2.4. Abb. 4.10 und 4.3.3.2. Abb. 4.23). Somit sind hier zwei Kausalfaktoren am Werk, die nicht vom Zufall bedingt sind. Da beide Aspekte eher einander verstärken – in Regionen mit vielen Siedlungen wird eher geforscht –, kann man auch nicht annehmen, ihr Zusammenspiel führe wieder zu einem stärker vom Zufall geprägten Bild. Bereits vor der eigentlichen Rechnung steht also zu befürchten, dass keine optimalen Messpunktverteilungen vorliegen.

Ist eine räumliche Verteilung das Ergebnis des Zufalls, so sollte mit ausreichend hoher Sicherheit eine Poissonverteilung angenommen werden dürfen (vgl. dazu BOOTS 1992, 58; RIPLEY 1981, 13; und siehe o. 2.1.4.). Dies wurde mit einem sogenannten *Quadratzahltest* überprüft (DAVIS 1986, 301ff.). Dabei vergleicht man mit Hilfe eines Chi-Quadrat-Tests die beobachtete Verteilung der Punkte auf ein darüber gelegtes Netz aus Quadraten mit den Ergebnissen, die eine angenommene Verteilungsfunktion mit diesen Kennwerten ergeben hätte (IHM 1978, 206ff.). Der Wert für Chi-Quadrat wird berechnet. Überschreitet er eine bestimmte Schwelle, kann mit einer diesem Schwellenwert zugeordneten Wahrscheinlichkeit die zuvor gemachte Annahme – hier die von poissonverteilten Messpunkten – abgelehnt werden (vgl. o. 2.1.2.).

Über die alt- wie die mittelnolithische Karte wurde zunächst ein Raster aus Quadraten mit 200 km Kantenlänge gelegt, wobei einmal 15 Quadrate (5 mal 3; LBK) und das andere Mal 24 Quadrate (6 mal 4; MN) nötig waren. Auf Karten zu diesem Vorgehen wurde verzichtet. Die untere linke Ecke der Quadratraster lag bei den Koordinaten (UTM-WGS84-32Nord)  $x = 260000$  und  $y = 5100000$  und damit jeweils etwas links unterhalb des Rahmens in den Karten zur Datengrundlage (s. u. 4.2.1. Abb. 4.3 und 4.3.1 Abb. 4.14).

Die Anzahl der Quadrate mit einer bestimmten Punktzahl wurden ausgezählt und mit den Werten verglichen, die bei einer Poissonverteilung zu erwarten wären (**Tab. 4.1**). Die Formel für die zu erwartende Zahl von  $x$  Quadraten mit jeweils  $p$  Punkten bei einer Poissonverteilung lautet:

$$x = Q * e^{(-n/Q)} * [(n/Q)^p / p!]$$

Dabei ist  $Q$  die Gesamtzahl der Quadrate und  $n$  die Gesamtzahl der Punkte (DAVIS 1986, 301; sic! dort ist der erste Multiplikator fälschlicherweise  $n$  statt  $Q$ ; vgl. dagegen a. a. O., 303 die Werte von Table 5.2).

Für den Chi-Quadrat-Test quadriert man die Abweichungen zwischen beobachteter und erwarteter Anzahl der Quadrate mit  $p$  Punkten und teilt das Ergebnis durch die Zahl der erwarteten Fälle (vgl. **Tab. 4.1 rechts aussen**). Das Ergebnis summiert man für alle möglichen Anzahlen von  $p$  auf.

Üblicherweise werden dabei aber alle Klassen zusammengefasst, für die insgesamt noch etwa 3 Fälle zu erwarten sind (DAVIS 1986, 301; UPTON/FINGLETON 1985, 51). Die maximale Punktzahl pro Quadrat lag beide Male aufgrund des Quadrates, in das die südbayerischen Messpunkte fallen, bei 34. Die Anzahl der Freiheitsgrade (Klassenanzahl 9 minus 2) beim Chi-Quadrat-Test betrug im Fall der Bandkeramik 7, da hier alle Klassen von Quadraten mit 8 und mehr Punkten zusammengefasst wurden.

Beim Mittelneolithikum wurden die Klassen mit 7 und mehr Quadraten zusammengefasst, die Zahl der Freiheitsgrade betrug hier demnach 6.

<b>Linearbandkeramik</b>				
Anzahl der Punkte pro Quadrat	Wahrscheinlichkeit für ein Quadrat, so viele Punkte aufzuweisen	Erwartete Anzahl an Quadraten	Beobachtete Anzahl an Quadraten	Quadrierte Abweichungen $[(\text{Beobachtet} - \text{Erwartet})^2 / \text{Erwartet}]$
0	0.003	0	2	84.13
1	0.018	0,3	2	11.45
2	0.051	0,8	2	2
3	0.098	1,5	4	4.31
4	0.143	2,1	1	0.61
5	0.166	2,5	1	0.89
6	0.16	2,4	0	2.4
7	0.133	2	0	1.99
8 und mehr	0.229	3,3	3	0.05
Summe	1	15	15	107,83 (Chi-Quadrat)
<b>Mittelneolithikum</b>				
Anzahl der Punkte pro Quadrat	Wahrscheinlichkeit für ein Quadrat, so viele Punkte aufzuweisen	Erwartete Anzahl an Quadraten	Beobachtete Anzahl an Quadraten	Quadrierte Abweichungen $[(\text{Beobachtet} - \text{Erwartet})^2 / \text{Erwartet}]$
0	0.014	0.3	4	39.08
1	0.061	1.4	5	8.64
2	0.129	3.1	4	0.27
3	0.183	4.4	5	0.09
4	0.194	4.7	1	2.87
5	0.165	4	2	0.97
6	0.117	2.8	0	2.8
7 und mehr	0.138	3.3	3	0.03
Summe	1.000	24	24	54.75 (Chi-Quadrat)

Tab. 4.1: Test auf zufällige Verteilung für die Messpunkte.

Die Verteilung der bandkeramischen Messpunkte auf die 15 Quadrate á 200 km x 200 km besitzt einen Mittelwert (Lambda) von 5,8 Punkten pro Quadrat und eine Standardabweichung von 76,87. Der Standardfehler des Mittelwertes beträgt 0,38. Das zu testende Maß Chi-Quadrat ist die Summe der quadrierten Abweichungen (107,83).

Die Verteilung der mittelneolithischen Messpunkte auf die 24 Quadrate á 200 km x 200 km besitzt einen Mittelwert (Lambda) von 4,25 Punkten pro Quadrat und eine Standardabweichung von 51,85. Der Standardfehler des Mittelwertes 0,29. Das zu testende Maß Chi-Quadrat ist die Summe der quadrierten Abweichungen (54,75).

Für die Bandkeramik erlaubt der Test auf höchstem Sicherheitsniveau (99,99 %) eine Zurückweisung der Annahme, die Messpunkte seien poissonverteilt (Chi-Quadrat LBK 107,83; kritischer Chi-Quadrat-Wert für 1 Promille Irrtumswahrscheinlichkeit bei 6 Freiheitsgraden 26,02).

Die Verteilung der mittelneolithischen Messpunkte ist mit der gleichen Sicherheit nicht poissonverteilt (Chi-Quadrat MN 54,75; kritischer Chi-Quadrat-Wert für 1 Promille Irrtumswahrscheinlichkeit bei 6 Freiheitsgraden 27,85). Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit führte die Sammlung der Messpunkte weder bei der Bandkeramik noch beim Mittelneolithikum zu Verteilungen, die durch Poisson- bzw. Zufallsprozesse erzeugt werden könnten.

Eine durchschnittliche Punktdichte pro Quadrat (DAVIS 1986, 303; vgl. o. 2.1.4.), die niedriger ausfällt als die Standardabweichung der Verteilung, belegt, dass die Messpunkte stärker zusammengedrängt ('clustered') sind, als es bei Zufallsverteilungen zulässig wäre. Dies trifft auch auf die beiden hier untersuchten Verteilungen zu (LBK: Dichte 5,8 < St.-Abw. 76,89; MN: Dichte 4,25 < St.-Abw. 51,85). Dieses Verhältnis zwischen Dichtedurchschnitt und Standardabweichung kann mit einem zweiseitigen t-Test auf Zufälligkeit überprüft werden (DAVIS 1986, 303ff.). Die Formel hierfür lautet:

$$t = [(n/Q) / s^2 - 1] / \sqrt{(2 / Q - 1)}.$$

Die für diese Berechnung nötige Varianz  $s^2$  kann man folgendermaßen herleiten:

$$s^2 = [\sum_i^T (p_i - n/Q)^2] / (Q - 1).$$

Dabei sind die Quadrate mit  $i=1,2,3,\dots,T$  durchnummeriert und  $p_i$  ist die Zahl der Punkte im  $i$ -ten Quadrat,  $Q$  entspricht wieder der Gesamtzahl der Quadrate und  $n$  der Gesamtzahl der Punkte. Überschreitet  $t$  eine bestimmte Schwelle, kann mit einer diesem Wert zugeordneten Wahrscheinlichkeit abgelehnt werden, dass der Unterschied zwischen der Dichte und der Standardabweichung der Punktverteilung zufällig ist. Die Anzahl der Freiheitsgrade ergibt sich aus der Quadratanzahl minus eins. Sie lautet daher auf 14 für die Bandkeramik und 23 für das Mittelneolithikum.

Die deutlich vom Zufall abweichende Häufung (cluster) der bandkeramischen Messpunktverteilung ist mit einer Sicherheit von 95 % nicht zufallsbedingt (t-Wert 2,446 > 2,145 Schranke). Im Fall des Mittelneolithikums beträgt diese Sicherheit sogar 99,5 % (t-Wert 3,113 > Schranke 3,104).

Diese Tests bestätigen die oben gemachten Vermutungen, wonach Messpunkte, deren Zustandekommen auf Forschungsschwerpunkte und Siedlungsmuster zurückgeht, stark zusammengedrückte ('clustered') Verteilungen aufweisen sollten.

In keiner der beiden Zeitscheiben liegt also eine zufällige Punktverteilung vor. Wegen der jeweils extrem hohen Messpunktanzahl im Südbayern abdeckenden Quadrat war ein solches Ergebnis auch zu erwarten. Da die Messpunkte also weder in einem regelhaften noch in einem zufälligen Muster vorliegen, bilden sie das Phänomen ‘Anteil des Arnhoferer Hornsteins in den Siedlungen’ nicht in optimaler Weise ab. Wahrscheinlich sind diese Verzerrungen auch der Grund dafür, dass trotz intensiver Bemühungen keine Semivariogramme ermittelt werden konnten, die eine Nutzung der Methode ‘kriging’ erlaubt hätten.

Die konkreten Auswirkungen der Messpunktverteilungen werden jeweils bei der Diskussion der Interpolationsergebnisse behandelt (s. u. 4.2.2. und 4.3.2.). Festzuhalten bleibt jedoch, dass von diesem Standpunkt aus keine optimale Ausgangssituation zum Interpolieren gegeben ist. Aufgrund beschränkter Mittel war es im Rahmen dieser Arbeit leider nicht möglich, die Datenbasis auf eine Art zu erweitern, die dieses Problem beseitigt hätte. Aber selbst die problembehafteten Messpunktverteilungen erlaubten wegen der Verwendung der Methode ‘minimum curvature’ trotzdem noch akzeptable Ergebnisse.

Für zukünftige Arbeiten mit Interpolationen ergibt sich aus dieser Problematik eine wichtige Empfehlung. Gleichmäßig platzierte Messpunkte in ausreichender Anzahl verhindern das Auftreten von Problemen weitgehend. Daher ist es sinnvoll, zu Beginn der Forschungen die *Verteilungsstruktur* bereits vorhandener oder geplanter Messpunkte auf Zufallseinflüsse, Regelmäßigkeit und Häufungen (cluster) hin zu untersuchen – wenn nicht von vornherein ein regelhaftes Muster benutzt wird (vgl. o. 2.2. das Schachbrettmuster der Viertelquadratmeter zur Untersuchung der Funddichte in der Halde). Erkennt man eine gemäßigte Zufälligkeit ohne zu starke Zusammendrängungen (cluster) oder Regelmäßigkeit, kann man zu den Berechnungen übergehen. Zusammendrängungen sind bei Zufallsverteilungen zwar auch zu erwarten, aber eben nicht in einer problematischen Ausprägung. Zeigen sich solche Anhäufungen und Lücken, kann man mit dem hier beschriebenen Test leicht ermitteln, ob eine problematische Situation vorliegt. Durch experimentelles Hinzufügen von hypothetischen Messpunkten lässt sich zudem abschätzen, wo (und wieviele) weitere Messungen nötig wären, um schließlich eine zufrieden stellende Messpunktverteilung zu erhalten.

Nach dieser Überprüfung der Datengrundlage ist nochmals auf das weitere Vorgehen bei der Interpolation zurückzukommen. Wenn man Rasterkarten mit Schätzmethode erzeugt, können je nach Datenlage auch *problembehaftete Kartenbereiche* auftreten. Bei den hier verwendeten Parameterwerten können etwa Über- und Unterschwingphänomene, also Über- und Unterschätzungen, auftreten.

Nach einer Überprüfung zeigten sich vor allem klar erkennbare Überschwingphänomene (vgl. u. 4.2.2. und 4.3.2.). Das sind *Überschätzungen* in Bereichen ohne Messpunkte. Dabei werden Werte geschätzt, die deutlich höher ausfallen als die Messwerte an den nächstgelegenen Messpunkten. In den betroffenen Regionen wurde die Interpolation deshalb modifiziert. Aufbauend auf der Überlegung, dass die erfassten Inventare sich wegen der angenommenen Repräsentativität relativ wenig von möglichen Extremwerten unterscheiden, wurde der auf einen glatten Wert gerundete höchste Messwert einer Region als Ausgangswert herangezogen. Alle Werte, die wesentlich höher als dieser Messwert ausfielen, wurden als Überschätzung angesehen. Wegen der Annahme, es könne einzelne, noch höher ausfallende Inventaranteile geben (s. o.), sollten bis zu einem gewissen Umfang aber auch höhere Werte zu gelassen werden.

Die Größe der *Korrektur* musste daher mit der Höhe der geschätzten Werte korrelieren. Dies wurde durch folgendes Vorgehen erreicht. Für jede Rastereinheit im Bereich der Überschätzung wurde die Differenz zwischen dem aufgerundeten, höchsten realen Messwert und dem als zu hoch angesehenen Schätz- bzw. Rasterwert gebildet. Diese Differenz wurde noch einmal um eine Einheit (einen Prozentpunkt) erhöht, um beim folgenden Schritt einem mathematischen Problem zu entgehen (natürlicher Logarithmus von Null ist nicht definiert). Von den nachträglich um Eins erhöhten Differenzen wurde der natürliche Logarithmus berechnet. Als neue Rasterwerte wurden im Bereich der Überschätzungen dann die Ergebnisse der Formel "höchster realer Messwert + natürlicher Logarithmus der um Eins erhöhten Differenz zur Überschätzung" eingesetzt. Mit dieser logarithmischen Transformation der Überschätzungen wird der Interpolation die Möglichkeit der Existenz noch unbekannter höherer Messwerte zugebilligt. Gleichzeitig wird angenommen, dass die Höhe solcher Extremwerte mit der Höhe der umgebenden Messwerte verbunden ist und dass diese Extremwerte nur wenige Prozentpunkte höher ausfallen als die bisher bekannten Messwerte. Gleichzeitig ist so gewährleistet, dass die Interpolation keine allzu starken Kanten aufweist (z. B. 4.3.3.1. Abb. 4.18).

Die *rechnerische Umsetzung* dieses Vorgehens bedarf nur weniger Kombinationen aus logischen und mathematischen Arbeitsschritten. Am Beginn und am Ende des Vorgehens steht das Ausschneiden bzw. Verschneiden der betroffenen Teilflächen unter der Verwendung des Programmmoduls 'Grid-Mosaic' in Surfer 8.0. Dazwischen werden die logischen (Auswahl der Überschätzungen) und mathematischen Bearbeitungsschritte (Differenzbildung, Modifizierung und Logarithmenbildung) der Rasterwerte mit dem Programmmodul 'Grid-Math' durchgeführt.

Die Auswahl der Bereiche und vor allem das Einsetzen der modifizierten Werte erfolgt dabei so, dass nur an den Stellen eingegriffen wird, die die oben als Überschätzung definierten Werte aufweisen.

Die so veränderten Rasterkarten kann man schließlich mit Hilfe von Isoliniendarstellungen abbilden.

Die Interpolation eines räumlichen Phänomens erlaubt zahlreiche *weitere Analysen*. Dafür wurden die hier erzeugten Karten mit entsprechenden Mitteln untersucht und weiterverarbeitet. Der letzte Teil dieses Abschnittes zur Methodik wird die weitere Vorgehensweise bei der Analyse der Karten und den darauf aufbauenden Berechnungen vorstellen.

Zunächst geht es um die Analyse von Isolinienkarten. Wie gesagt kann man sich Interpolationen auch als dreidimensionale Gebilde vorstellen (s. o.). Es ist daher auch möglich, sie wie einen räumlichen Körper zu schneiden. Schneidet man sie senkrecht zur Ebene der Koordinaten und lässt den *Querschnitt* an der Rohmaterialquelle beginnen, so erhält man eine Grafik, die genau den 'fall-off'-Kurven von Renfrew entspricht (vgl. u. 4.1.3.). Traditionellerweise bestehen diese Graphen aus einem zweidimensionalen Koordinatensystem, in dem für jeden Fundplatz auf der X-Achse seine Entfernung zur Quelle und auf der Y-Achse der Anteil von Stücken aus dieser Quelle abgetragen wird (vgl. HODDER/ORTON 1976). Zur Analyse passt man dieser Punktverteilung eine Regressionsfunktion an. Die Formel für diese Funktion und in manchen Fällen auch ihre Parameter werden dann als Anzeichen bestimmter wirtschaftshistorischer Zusammenhänge angesehen. Dafür werden sowohl Erkenntnisse aus bekannten Phänomenen, als auch theoretische Erwägungen herangezogen.

Schneidet man eine Raster- bzw. eine Isolinienkarte, so besitzt man von vornherein eine durchgehende Linie, die den Zusammenhang zwischen Entfernung und Anteil wiedergibt und selbst bereits Ergebnis einer mathematischen Schätzung ist. Die Interpolation erzeugt ja für jede Rastereinheit auf der Karte, also auch entlang der Schnittlinie, in jeder Entfernung zur Quelle eine Schätzung des Anteils.

Auf diese Weise erhält man für den Graphen, der den Rohmaterialanteil in Abhängigkeit von der Entfernung darstellt, zu jedem Punkt der X-Achse einen zugehörigen Y-Wert. Eine Regression wird unnötig. Gleichzeitig gilt für den Verlauf dieser Linie, dass sie direkt den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der (geschätzten) Anteile und der Entfernung zeigt.

Im traditionellen Fall sah man die Art der Regressionsfunktion als Anzeichen des ökonomischen Phänomens, das hinter dem Zusammenhang von Entfernung und Anteil stand. Anstatt einer mathematischen Analyse der Regressionsfunktion kann man jedoch ebenso gut den Verlauf des Querschnittes heranziehen, genauer beschreiben und mit ideellen Verlaufsmustern vergleichen.

Da die Anteilsschätzungen das Ergebnis eines glättenden mathematischen Verfahrens sind (s. o.), zeigt der Verlauf der Querschnittslinie – wie zuvor die Regressionsfunktion – den allgemeinen Trend der Beziehung von Entfernung und Anteil. Es ist daher zulässig, die Aussagen, die vorher aus einem bestimmten Verlauf der Regressionsfunktion abgeleitet wurden, jetzt mit einer Querschnittslinie zu verbinden, die in ihrem Verlauf einer bestimmten Form der Regression ähnelt. Beide drücken ja den allgemeinen Trend der untersuchten Beziehung aus.

Neben der Entfernung kann nun auch die Richtung der Ausbreitung in die Untersuchung einbezogen werden. Dies ermöglicht detaillierte und voneinander unabhängige Untersuchungen für die Beziehung einzelner Abnehmerregionen zur Rohmaterialquelle. Sind für verschiedene Regionen unterschiedliche Faktoren wirksam, werden sie nun nicht mehr in der Grafik der 'fall-off'-Kurve vermischt, sondern können getrennt analysiert werden. Da keine Vermischungen regionaler Eigenheiten auftreten, sollten sich zudem eventuelle Trends deutlicher abzeichnen als dies bei einfachen, nur von der Entfernung abhängigen Modellen der Fall war.

Die vor der Einführung der Isolinienkarten benutzten mathematischen '*fall-off*'-Analysen stellten die Regressionsgeraden zwischen Mengenabnahme und Entfernung in ihren Mittelpunkt (s. o.), weshalb ihre Argumentation nur auf vereinfachten bzw. idealisierten Abhängigkeitsmodellen fußte. Durch Querschnitte in der beschriebenen Art ist es nun möglich, die konkreten empirischen regionalen Beziehungen zu untersuchen und gleichzeitig die schematisch modellhaft beschriebenen Zusammenhänge aus der bisherigen Forschung auf die empirischen Verteilungen anzuwenden.

In dieser Studie wird nicht mit mathematischen Mitteln untersucht, ob der Linienverlauf einer bestimmten Funktion gehorcht. Da es sich bei den Querschnitten um empirische Fälle handelt, können Zufallsverzerrungen auftreten. In solchen Fällen müsste wiederum zunächst eine Annäherungsfunktion erstellt werden. Bei der Analyse dieser Funktion würde man also den Trend eines Trends untersuchen. Der Zugewinn an mathematischer Nachprüfbarkeit rechtfertigt aus meiner Sicht hier nicht den Verlust an Realitätsnähe. Daher wird in den folgenden Teilkapiteln der Verlauf der Querschnittslinie nach Augenschein mit den schematischen Modellen verglichen, die im nächsten Abschnitt vorgestellt werden (s. u. 4.1.3.). Zudem ist es nur im Fall der Weitergabe von Hand zu Hand möglich (ebd.), die entsprechende Formel ohne größeren mathematischen Aufwand abzuleiten.

Möchte man dennoch Verfahren zur Ermittlung der Funktion heranziehen, so könnte zumindest für Graphen, bei denen man die besagte Weitergabeart annimmt, ein Quantil-Quantil-Plot gegen eine Exponentialfunktion herangezogen werden.

Die Parameter der hypothetischen Exponentialfunktion werden dann solange verändert, bis man anhand einer Regression zeigen kann, dass empirische und hypothetische Funktion weitgehend übereinstimmen. Der Erkenntnisgewinn bestünde im Ermitteln des jeweiligen Exponenten, der Ausdruck des Verbrauchs an den Weitergabestationen ist (vgl. RENFREW 1977). Wenn man in Zukunft noch weitere, auf Silexrohmaterialien ausgerichtete Weitergabesysteme in gleicher Weise analysiert, so könnte man mit diesem Parameter (Exponenten) Verbraucherverhalten vergleichen. Hier ist noch nicht der Platz, um diesen Ansatz weiter zu verfolgen.

Die Art der Berechnungen, die zur *Bewertung der wirtschaftshistorischen Bedeutung* verwendet wurden, sind der letzte Aspekt der Methodik, der noch zu behandeln ist.

Karten in der oben beschriebenen Form können nicht nur auf einfache Weise mit Querschnitten analysiert werden, sie ermöglichen auch weiterführende Berechnungen zu quantitativen Aspekten des untersuchten Silextauschsystems. Sowohl die absolute als auch die relative Größenordnung eines solchen Phänomens ergeben Hinweise darauf, welche wirtschaftshistorische Rolle die jeweilige Weitergabeform gespielt haben könnte.

Die Größe dieser Bedeutung kann nun in der Anzahl der am Tauschsystem beteiligten Haushalte ausgedrückt werden, wenn man die Rasterkarte der geschätzten Prozentwerte mit einer *Besiedlungsdichtekarte* gleicher Auflösung verrechnet (vgl. ZIMMERMANN *et al.* 2004, 86 Abb. 16; zur Methodik ZIMMERMANN/WENDT 2003). Nur durch die großzügiger Weise zur Verfügung gestellten Originaldaten des Projektes Rhein-LUCIFS‘ zur spätbandkeramischen und zur frühmittelneolithischen Besiedlungsdichte war es möglich, für beide Zeitscheiben auch die Verbindung zur Besiedlungsdichte und damit zur Anzahl der jungsteinzeitlichen Haushalte herzustellen (Land Use and Climate Impact on Fluvial Systems – Archäologische Arbeitsgruppe Köln; Thomas Frank, Karl-Peter Wendt und Andreas Zimmermann; alle Universität Köln; vgl. ZIMMERMANN *et al.* 2004). Dies geschah, in dem die Besiedlungsdaten wiederum als Rasterkarten mit der gleichen Auflösung aufbereitet wurden. Dabei wurden in beiden Zeitscheiben (LBK und MN) jeweils die Regionen mit einem maximalen Siedlungsabstand von 4 km – definiert nach der Methode der größten leeren Kreise – verwendet (ZIMMERMANN/WENDT 2003; ZIMMERMANN *et al.* 2004, 51ff.).

Den Rastereinheiten innerhalb dieser sogenannten *Siedlungsgebiete* wurde der Wert für die durchschnittliche bandkeramische Besiedlungsdichte von 0,7551 Haushalten pro Quadratkilometer zugewiesen (ZIMMERMANN *et al.* 2004, 82 Abb. 14 und 84 Tab. 6). Auch den mittelneolithischen Siedlungsgebieten wurde diese Haushaltsdichte zugewiesen.

Da grundsätzlich in beiden Perioden auf ähnliche Weise gewirtschaftet wurde, dürfte in den dicht besiedelten Regionen auch ungefähr die gleiche Bevölkerungszahl vorhanden gewesen sein. Bis zur Ermittlung genauer Werte zur mitteneolithischen Besiedlungsdichte kann der bandkeramische Wert als beste mögliche Annäherung dienen. Gleiche Isolinie und Haushaltsdichte zu benutzen, ist auch im Sinne der Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Rastereinheiten, die außerhalb der Siedlungsgebiete lagen, erhielten den Wert null, obwohl auch sie im Alt- und Mitteneolithikum mehr oder weniger dicht besiedelt waren. Dadurch ist gewährleistet, dass es sich bei allen so abgeleiteten Haushaltszahlen stets um konservative Interpolationen bzw. Minimalschätzungen handelt. Auf diese Weise könnten auch die Unterschiede eine Erklärung finden, die zwischen der Höhe der Outputschätzungen für den Bergbau (s. o. 2.3.) einerseits und der geschätzten Zahl versorgter Haushalte andererseits auftreten (vgl. u. 4.2.4. und 4.3.4.). Schließlich kommen die zwischen den Siedlungsgebieten gelegenen Haushalte ebenso als Verbraucher in Frage, werden aber bei dem gerade beschriebenen Vorgehen nicht berücksichtigt. Es sind also stets mehr Haushalte mit Arnhofener Hornstein versorgt worden, als aus den Schätzkarten hervorgeht.

Für die *konkreten Berechnungen* lagen somit pro Zeitphase je zwei Rasterkarten vor: der Hornsteinanteil in den Siedlungen und die Besiedlungsdichte. Im Fall der Hornsteinkarte besaß jede Ein-Quadratkilometer-Rastereinheit einen Zahlenwert entsprechend dem geschätzten Anteil zwischen "0" (kein Arnhofener Hornstein) und 1,0 (100 % Arnhofener Hornstein). Als Genauigkeit bei den Dezimalstellen wurde die von der Software ausgegebene, höchstmögliche Detailschärfe (Fließkomma) verwendet. Bei der Besiedlungsrasterkarte besaß jede Ein-Quadratkilometer-Rastereinheit entweder den Wert 0,7551 oder 0. Die beiden Rasterkarten, Hornsteinanteil und Besiedlungsdichte, gingen in eine einfache Multiplikation ein (CONOLLY/LAKE 2006, 188f.): Dabei multipliziert ein GIS-Modul ('Grid Calculator') die Werte miteinander, die in beiden Karten die gleichen Koordinaten besitzen. In der Ergebniskarte besitzt eine Rastereinheit an diesen Koordinaten den Wert des Produkts der entsprechenden Rasterwerte aus den Ausgangskarten.

Die Werte in der neuen Rasterkarte sind *virtuellen Rechengrößen* zwischen 0 und 0,7551. Ein solcher Wert besagt, es wurden zwischen 0 und 0,7551 Haushalte in diesem Quadratkilometer mit Arnhofener Hornstein versorgt. Bei 100 Prozent Arnhofenanteil wurde also der zu einem Bruchteil von 0,7551 in diesem Quadratkilometer liegende Haushalt vollständig versorgt, was einen Rechenwert von eben 0,7551 ergibt.

Ein Beispiel verdeutlicht dies: Bei 21,2 % Arnhofenanteil wurde der zu einem Bruchteil von 0,7551 in diesem Quadratkilometer liegende Haushalt zu einem Bruchteil, nämlich zu 21,2 Prozent von 0,7551 versorgt. Der so berechnete Wert von 0,160081 bedeutet, dass hier ein Haushalt zu 16 % mit Arnhofener Hornstein versorgt wurde. Summiert man diese virtuellen Rechengrößen für alle Ein-Quadratkilometer-Rastereinheiten innerhalb jedes Siedlungsgebietes getrennt auf, erhält man eine weitere, noch schwer vorstellbare Größe: Die Summe aller Haushalte pro Gebiet, die zu 100 % Prozent mit Arnhofener Hornstein versorgt wurden. Sie ist aber nichts anderes, als ein Ausdruck für die Menge an Hornstein, die ein Gebiet erreichte. Man kann sich die Werte aber auch so herleiten: Es werden einfach alle zum Teil versorgten Haushalte zusammengefasst, um eine Maßzahl für die quantitative Bedeutung der Versorgung mit Arnhofener Hornstein zu erhalten (vgl. ZIMMERMANN *et al.* 2004, 85).

Dieses virtuelle Maß für die *wirtschaftlichen Quantitäten* führt über Zwischenschritte zu wichtigen wirtschaftshistorischen Aussagen. Man kann nun den absoluten Umfang der Hornsteinweitergabe zwischen den Siedlungsgebieten vergleichen. Verbindet man den Umfang der Weitergabe mit Überlegungen zur Größe eines Haushaltsbedarfes, lassen sich sogar Aussagen zu den umgeschlagenen Mengen machen. Außerdem ist es möglich, die Zahl aller Haushalte in einem Siedlungsgebiet mit der Zahl der versorgten Haushalte in Beziehung zu setzen (zur Gesamtzahl der LBK-Haushalte vgl. ZIMMERMANN *et al.* 2004, 83 Abb. 15). Daraus ergibt sich ein Prozentwert, der angibt, welchen Anteil der Arnhofener Hornstein bei der Versorgung des jeweiligen Siedlungsgebietes hatte. Die Kartierung der Zahl versorgter Haushalte und des Versorgungsanteils stellt mit Abstand die genaueste Annäherung an die wirtschaftshistorische Bedeutung des Arnhofener Hornsteins dar, die im Augenblick möglich ist.

Da hier zwei einander unmittelbar folgende Phasen der Nutzung des Arnhofener Hornsteins untersucht werden, ist es möglich, *historische Veränderungen* seiner Bedeutung zu erfassen. Die zunächst nur schwer vorstellbare Recheneinheit erweist sich somit als fruchtbare wirtschaftshistorische Größe, die es durch Vergleiche erlaubt, die Entwicklung der ökonomischen Bedeutung des Arnhofener Hornsteins abzuschätzen.

Beide Zahlen, die absolute Größe der vollständig versorgten Haushalte, wie die relative Größe der *Versorgungsabhängigkeit* können für das gesamte südliche Mitteleuropa verglichen und analysiert werden. Sie erlauben wiederum Schlüsse zu Eigenschaften und Umfang des zugrundeliegenden Weitergabesystems. So kann bei Silex etwa ab einer gewissen Abhängigkeit davon ausgegangen werden, dass es sich um bewusst von den Abnehmern aufrecht erhaltene Systeme handelte. Die Abnehmer, und nicht die Erzeuger, hatten das größte Interesse an einer stabilen Versorgung (s. o. 2.3. und u. 4.3.3.2.; zum Wert von Silex vgl. ZIMMERMANN 1995, 107).

Aus der Isolinienkarte kann noch ein weiteres *Maß zur Beurteilung* der Weitergabesysteme abgeleitet werden. Errechnet man in Anlehnung an Ericson den Punkt der 10-Prozent-Isolinie, der am weitesten von der Rohstoffquelle entfernt ist (vgl. ders. 1981, 106f.), erhält man ein von ihm Reichweite (“radius of catchment“) genanntes Maß. Anhand dieses Maßes kann man das Weitergabesystem des Arnhoferer Hornsteins mit denen anderer Rohmaterialien, etwa den oben erwähnten kalifornischen Obsidianen (a. a. O., 119ff.) oder dem Rijckholt-Feuerstein (ZIMMERMANN 1995, 112 Abb. 37), vergleichen.

Die Analyse der als Isolinienkarten abgebildeten Interpolationen erlaubt die Bildung von Modellen zur Struktur des dahinter stehenden sozioökonomischen Systems. Auf die Modellbildung wirkt sich aber neben den empirischen Aspekten stets zu gleichen Teilen der theoretische Ansatz der Autors bzw. der vorgeprägten Forschungstradition ein. Letzteres war Inhalt des einleitenden Kapitels (4.1.1.), ersteres wird im Folgenden behandelt. Wie gesagt kann man nicht ohne theoretischen Erwägungen alleine auf der Grundlage von Quantitäten Modelle entwerfen, da Berechnungen “für sich allein keinerlei erklärenden Wert besitzen“ (ZIMMERMANN 1995, 60; vgl. a. a. O., 58). Im nächsten Abschnitt 4.1.3. werden deshalb Begriffe geklärt und theoretische Überlegungen angeführt, durch deren Berücksichtigung man das Erkenntnispotenzial der hier beschriebenen Methodik ausschöpfen kann. Die beiden quantitativen Teilkapitel zur Auswertung (4.2. und 4.3.) werden dann zeigen, wie man diese Qualitäten mit den Quantitäten so vereinbaren kann, dass sich schließlich wiederum Qualitäten – also kulturhistorische Aussagen – ergeben.

### 4.1.3. Theorie

Untersucht man die Fragen nach der Spezialisierung und der Arbeitsteilung bei der Hornsteinweitergabe, ist zu klären, welche Form der Gegenseitigkeit praktiziert wurde und welche Personengruppen den Transport übernahmen. Denn besonders die Antwort auf die erste Frage trägt zugleich zur Klärung des Fragenkomplexes bei, ob und wenn ja im welchem Maß die (alleinige) Ausübung einer Tätigkeit aus dem Bereich Weitergabe bzw. 'Handel' den darin Tätigen (und ihren Familien) ein Überleben ohne eigene Teilnahme an der Landwirtschaft ermöglichte. Da sich hier auch Fragen nach der Geschichte der Arbeitsteilung stellen, muss man auch diesen Aspekt eingehender diskutieren.

Dafür werden in diesem Abschnitt zunächst einzelne *Begriffe* und ihre Verwendung von theoretischer Seite näher erläutert, danach werden konkrete archäologische *Anwendungsmöglichkeiten* dafür vorgestellt. Der erste Teil der theoretischen Erläuterungen befaßt sich mit Konzepten und Begrifflichkeiten rund um den Bereich Tausch bzw. Handel, der zweite geht näher auf die Arbeitsteilung ein. Da diese Aspekte implizit mit der Frage des Eigentums verknüpft sind, wird zum Ende der theoretischen Überlegungen auch dieser Begriff kurz inhaltlich beleuchtet. Bei den Erläuterungen werden Überlegungen aus den kulturwissenschaftlichen Fächern Ethnologie, ur- und frühgeschichtliche Archäologie und Soziologie gleichberechtigt einbezogen. In den Passagen über die Anwendungsmöglichkeiten stehen logischerweise archäologische und ethnologische Aspekte im Vordergrund. Die Arbeitsweise dieses Abschnittes kann man auch als terminologische Modellbildung beschreiben.

Vereinfacht gesagt, ist der erste Teil dieses Abschnittes eher den allgemeinen Begriffen gewidmet, während der zweite archäologische Modelle vorstellt, die mit dieser Begrifflichkeit arbeiten.

Am Anfang der Überlegungen steht das theoretische Konzept der ur- und frühgeschichtlichen Archäologie von *Tausch und Handel*. An dieser Stelle ist aus Gründen der Verständlichkeit die z. T. schon bisher, aber vor allem im Folgenden verwendete Begrifflichkeit eingehender vorzustellen. Zunächst ist ein grundsätzliches Problem der theoretischen Annäherung zu behandeln. So sieht Zimmermann unterschiedliche Formen der Reziprozität, der Arbeitsteilung, der Sozialstruktur, der Siedlungsgeographie, der Wirtschaftsarchäologie und archäologische Merkmale immer mehr oder weniger eindeutig kombiniert (vgl. ZIMMERMANN 1995, 61 und 62 Abb. 22). Der Kritik von Marjorie de Grooth folgend wird hier nicht davon ausgegangen, dass solche Kombinationen eindeutig sind (vgl. dies. 1994, 113).

Da man sich also nicht auf die von Zimmermann präsentierten Konzepte zurückziehen kann, ist es zur Vermeidung von Missverständnissen nötig, die z. T. unterschiedlich verstandenen Konzepte genauer zu betrachten. Dafür werden in den folgenden Passagen die jeweiligen Terminologien zu den von Zimmermann als “Ethnologische Modelle“, “Arbeitsteilung“ und “Weitergabeform“ bezeichneten Phänomenen erläutert (vgl. ders. 1995, 61 und 62 Abb. 22). Zunächst sei noch einmal betont, dass mit einer Aussage zur Form eines dieser Phänomene noch kein Urteil zugunsten einer bestimmten Ausprägung eines anderen damit kombinierten Phänomens getroffen wird. Dies betrifft vor allem die Bereiche “Ethnologische Modelle“ und “Arbeitsteilung“. Die “Weitergabeform“ impliziert dagegen eindeutige Verbindungen mit Ausprägungen der anderen beiden Phänomene (nach RENFREW 1972, 470ff.), was ebenfalls weiter unten dargelegt wird. Auf der anderen Seite wird an dieser Stelle nicht geleugnet, dass komplexere Varianten des einen Phänomens häufiger mit den komplexeren Ausprägungen eines anderen Phänomens korreliert. Auch wenn diese Kombinationen häufiger sind als andere, ist das aber kein Grund, die selteneren Kombinationsmöglichkeiten a priori auszuschließen.

Die hier verfolgte wirtschaftshistorische Fragestellung ist demnach zunächst offen für jede Kombination, auch wenn einzelne von vornherein plausibler erscheinen als andere. Um Missverständnisse zu vermeiden, sind also Präliminaria nötig. So wird in diesem Kapitel in der Regel der Ausdruck Weitergabeform anstatt -form verwendet, um Verwechslungen mit der Form, in der der Hornstein weitergegeben werden konnte, also Rohstück, Kern, abgebaute Grundform, auszuschließen. Es ist außerdem zu erwähnen, dass sich die Inhalte von ansonsten bezeichnungsgleichen Begriffen in der kulturanthropologischen Wirtschaftstheorie durchaus unterscheiden können. So ist ‘Reziprozität‘ bei manchen Autoren beispielsweise nicht gleich ‘Reziprozität‘. Auch versteht nicht jeder Autor das gleiche unter einem Begriff, wie die von ihm dazu zitierte Literatur. Hier wurde deshalb versucht, die in dieser Studie zugrundegelegte Terminologie verständlich darzulegen sowie ihre Herleitung aufzuzeigen. Das Verständnis der Begriffe orientiert sich ausschließlich an der zu Rate gezogenen Literatur und den in diesem Abschnitt gemachten Begriffsabgrenzungen.

Der zentrale Begriff *Tausch* bezeichnet einzig und allein “[...] die Transmission eines Dinges von einer Partei auf eine andere; es handelt sich dabei um die reine Handlung ohne inhaltliche Wertung“ (ROESLLER 1999, 173). Auch in der Wirtschaftsarchäologie ist Tausch ein Oberbegriff für alle Arten von Transmissionen (DARK 1995, 128f.). Sie alle, vom Geschenk bis zum alltäglichen modernen Kaufen und Verkaufen, sind demnach mit diesem Begriff erfasst.

Die Suche gilt also der im Neolithikum praktizierten speziellen Art des allgemeinen Phänomens Tausch. Handel ist nach dieser Auffassung nur eine spezielle von mehreren denkbaren Arten des Tausches. Um diese Arten besser zu erfassen, ist es nötig, das wichtigste Gliederungskriterium, die Art der gegenseitigen Beziehung, genauer zu untersuchen.

Ein grundlegender Begriff zur Charakterisierung des Tausches ist die sogenannte *Reziprozität*<sup>4.2</sup>. Unter Reziprozität versteht man: “[...] those ‘vice-versa’ movements between two parties, known familiarly as ‘reciprocity’ “ (SAHLINS 1974, 188; vgl. ROESSLER ebd.; vgl. DE GROOTH 1994, 113). Reziprozität ist also die Art der Gegenseitigkeit, die durch die Tauschbeziehung entsteht. Die erwähnten Bewegungen (*movements*) beziehen sich dabei auf zwischen Menschen weitergegebene Objekte. Der Vorteil einer an Sahlins orientierten Begriffswahl ist, dass hier im Wert verglichene Quantitäten im Zentrum stehen. Übernimmt man diesen Ansatz, so kann man von empirisch messbaren Größen auf die Qualität der Beziehungen zwischen den Beteiligten schließen. Das erlaubt eine archäologische Umsetzung im Hinblick auf wirtschaftshistorische Fragestellungen.

Sahlins Konzept arbeitet drei grundsätzliche Erscheinungsformen heraus, die das sozioökonomische Phänomen ‘Gegenseitigkeit-im-Tausch’ annehmen kann.

Die erste, die *generalisierte Reziprozität*, ist in etwa bedeutungsgleich mit Freigiebigkeit oder zeitlich verzögertem Geschenketausch (SAHLINS 1974, 193f.; vgl. PEOPLES and BAILEY 1994, 180ff.). Dabei wird hervorgehoben, dass selbst solch ein vermeintlich altruistisches Verhalten gewisse Erwartungshaltungen beim Geber und ein gewisses Gefühl der Verpflichtung beim Nehmer erzeugt bzw. erzeugen kann. So kann man versuchen, den Nehmer durch die Gabe in irgendeine Art der informellen Abhängigkeit zu bringen. Dieser bemüht sich, mit einer zeitlich verzögerten Kompensation (‘delayed return’) meist nicht näher bestimmter Art die mehr gefühlte denn konkrete Verpflichtung auszugleichen. Eine derartige ökonomische Beziehung besitzt nach meiner Meinung aufgrund ihrer nur vage antizipierten Form das geringste Konfliktpotential. Zwar ist es auch in Ökonomien mit geringen Überschüssen möglich, auf diese Weise größere Mengen von aufwendig erzeugten Gütern des täglichen Bedarfs weiterzugeben. Dann müssen aber im Hintergrund die erwähnten Verpflichtungen wirksam sein, um es nicht zu Engpässen bei der Deckung des Eigenbedarfs kommen zu lassen.

---

<sup>4.2</sup> Der Ansicht von Roessler, Reziprozität sei ein im Gegensatz zu den rein quantitativ bestimmten Objekten des Tausches ein rein qualitativ bestimmter Begriff (ders. 1999, 173), kann ich nicht folgen. Die Qualität einer Beziehung bestimmt sich doch besonders im Fall des Tausches erst anhand der beteiligten Quantitäten. Und dies sollte sich aus analytischen Gründen in der Begrifflichkeit wiederfinden.

Die zweite Form ist die *balanzierte oder ausgeglichene Reziprozität* (SAHLINS 1974, 194ff.). Sie beschreibt eine Beziehung, in der beide Seiten sorgfältig darauf achten, Gleichwertiges auszutauschen, was bis zum Tausch von völlig identischen Gegenständen führen kann. Während bei der ersten Reziprozitätsform die Motivation des Gebers darin besteht, die entstehenden unklaren Verpflichtungen zur Gewinnung von Unterstützung, Sympathie oder Anhängerschaft zu nutzen, manifestiert sich beim balanzierten Fall eine soziale Beziehung im Akt des Tausches, die auf unmittelbarer gegenseitiger Anerkennung basiert. Die genaue Beachtung der Gleichwertigkeit der Objekte leitet sich aus ihrer Funktion her, materieller Ausdruck dieser Gleichwertigkeit bzw. der gegenseitigen Anerkennung der Beteiligten in der sozialen Beziehung zu sein.

Vor allem in Gesellschaften mit flachen Hierarchien erfüllen derartige Tauschtransaktionen zahlreiche soziale wie ökonomische Funktionen gleichzeitig, indem sie als materielle Metapher ein sichtbares Zeichen der ja unsichtbaren sozialen Beziehung darstellen (vgl. a. a. O., 219ff.). Diese Funktionen reichen von der beständigen Erneuerung gut nachbarschaftlicher Beziehungen auf individuellem Niveau bis zur Herstellung von Rechts- und Friedensgemeinschaften bei Friedensschlüssen zwischen Gruppen (zur Bedeutung von Rechts- und Friedensgemeinschaften vgl. WENSKUS 1961, 35ff.). Im Zentrum aber steht Aufrechterhaltung und Pflege von verwandtschaftlichen Beziehungen, den zentralen Strukturen von wenig hierarchischen Gesellschaften.

Besonders der erste Aspekt ist in Gesellschaften mit, wenn überhaupt, flachen Hierarchien, wie man sie für das frühe und mittlere Neolithikum annehmen kann, eine alltägliche Notwendigkeit, da die entsprechenden überindividuellen Instanzen fehlen. Niemand außer den Beteiligten selbst kann für eine Friedensgemeinschaft garantieren. Und die friedliche Aushandlung gegenseitiger 'rechtlicher' Ansprüche hängt zunächst davon ab, ob man *eine* Friedensgemeinschaft bildet und deshalb ein 'rechtlicher' Konfliktfall nicht sofort ein physischer wird.

Wenn es keine ritualisierten oder formalisierten Abläufe gibt, kann das Konfliktpotential hier höher ausfallen, als bei der ersten Reziprozitätsform. Die Existenz der durch den Tausch ausgedrückten Beziehungen hängt ja von der korrekten Abwicklung ab. Konflikte entstehen hier aus 'fehlerhaften' Ausführungen (vgl. SAHLINS 1974, 195). Sie können je nach Kontext, beispielsweise bei einem Friedensschluss, für die Beteiligten ernste Konsequenzen haben. In diesen Bereich fallen auch viele Arten von zyklisch veranstalteten Zeremonien, in deren Rahmen es zum Tausch von Objekten kommt – Versäumnisse führen hier zu (sozialen) Sanktionen.

Die erwähnte Pflege verwandtschaftlicher Beziehungen schließlich wirkt hier in doppeltem Sinne. Sie verringert das Konfliktpotential, das aus der Vernachlässigung von Verpflichtungen erwächst. Zugleich erhält und pflegt sie die Keimzellen von Friedens-, Solidaritäts- und Rechtsgemeinschaften.

In den hier überhaupt in Frage kommenden Arten von Gesellschaften ist der Aspekt der Verwandtschaft aus der Sicht der Akteure das zentrale Schema, um das sich alle Arten von Beziehungen anordnen (KOHL 1993, 32ff.; vgl. u. 4.3.3.1.2.). Dabei werden von den Akteuren in der Regel alle möglichen Beziehungen formal oder auch inhaltlich mehr oder weniger analog zu unterschiedlich weit gefassten Konzepten aus dem Bereich verwandtschaftlicher Ordnungsmuster in Beziehung gesetzt. Innerhalb des gesellschaftlichen Beziehungsgeflechts ist also die Praxis der balanzierten Reziprozität als materielle Metapher des Sozialen von eminenter Bedeutung für die beständige Erneuerung des sozialen Zusammenhangs.

Die dritte und letzte Form, die *negative Reziprozität* (SAHLINS 1974, 195f.), ist die einzige, die eine soziale Arbeitsteilung mit professionellen Spezialisten im Bereich des Tausches ermöglichen würde. Bei ihr wird mehr für eine Ware an Wert verlangt als zu ihrer Beschaffung und/oder Produktion nötig war. Den Beteiligten ist dieser Sachverhalt in der Regel klar (vgl. GODELIER 1973, 232). Die hinter der ungleichen Güter- bzw. Warenverteilung stehende wirtschaftliche Ungleichheit muss dafür politisch und rechtlich (sowie physisch) geschützt sein. Es muss also Normen geben, die die Ungleichheit absichern, anstatt solche, die sie sanktionieren (vgl. PEOPLES/BAILEY 1994, 180).

Unter diese Form der Reziprozität fällt, was umgangssprachlich als Kaufen und Verkaufen bzw. Handel bezeichnet wird. Der Fall, dass hier beide Seiten auf das Weggegebene leichter verzichten können, wird in der Ideologie solcher Systeme als Regel angesehen, tritt aber in der Praxis gar nicht so häufig auf. Die benachteiligte Seite muss also bereit sein, ihre oft eindeutig schwächere Position aufgrund irgendeines Sachverhaltes zu akzeptieren. Hier zeigen sich also erste, dauerhaft etablierte, ökonomische Abhängigkeiten und Ungleichheiten.

Da bei der negativen Reziprozität die Ungleichheit zum Regelfall werden kann, sehe ich hier das größte Konfliktpotential. Diese Tauschform bedarf einer Gesellschaft, bei der normativ und durch entsprechende Institutionen der grundsätzlich in jeder derartigen Transaktion schlummernde Konflikt vermieden bzw. sanktioniert wird. In Gesellschaften mit flachen Hierarchien und besonders in segmentären Gesellschaften sind aber gerade die entsprechenden Institutionen oft nur schwach ausgebildet, weshalb das Konfliktrisiko schon bei mäßig höheren Gegengabeforderungen hoch ausfallen dürfte. Nur ausgeprägte ökonomische Abhängigkeit (vgl. GODELIER 1973, 224f.) oder besonders ausgeprägte Vorlieben für bestimmte Güter führen hier dazu (vgl. ROESSLER 1999, 163), dass ein Tauschpartner mit einer Gegenforderung 'davonkommt', die als stark überhöht empfunden wird. Sahlins betont hier beim Tausch die Korrelation zwischen zunehmender sozialer Distanz und einer Verschiebung der Reziprozität von ihrer generalisierten hin zu eher negativ reziproken Formen (SAHLINS 1974, 196ff.).

Während bei Angehörigen des gleichen Haushaltes beinahe ausschließlich die generalisierte Form auftritt, ginge sie mit zunehmender verwandtschaftlicher bzw. sozialer Distanz zunächst in die balanzierte Form über, um schließlich zwischen Angehörigen unterschiedlicher sozialer Einheiten (*“tribes“*; ebd.) endgültig eine negativ reziproke Ausprägung anzunehmen. Konkreter formuliert, mit Nachbarn und Verwandten tauscht man auf generalisierter Basis, mit Einwohnern aus der Umgegend und Angehörigen der gleichen Rechtsgemeinschaft (‘Stammesgenossen‘) auf balanzierter, und mit entfernten Bekannten oder Angehörigen anderer Gruppen auf negativer Basis (a. a. O., 199 Fig. 5.1). Sahlins Ansatz scheint implizit im oben vorgestellten Modell von Ericson zur Verschiebung der Wertrelation mit zunehmender geographischer Entfernung integriert zu sein (s. o. 4.1.1.).

Selbst Tausch auf der Grundlage negativer Reziprozität schafft für beide Tauschpartner noch eine gemeinsame Basis. Auch die eigentlich ihrer sozialen Aspekte entkleideten negativen Tauschakte erhalten in Analogie zu Tauschakten anderer Reziprozität immer noch gewisse symbolische bzw. metaphorische Bedeutungsaspekte. Beide Tauschpartner können sich noch durch eine gewisse Gemeinsamkeit verbunden fühlen. Durch die friedliche Transaktion entsteht zwischen beiden ja zumindest temporär eine Rechts- und Friedensgemeinschaft. Sowohl im balanzierten als auch im negativ reziproken Fall “[...] bedeutet Handel Frieden, auch wenn es meist ein bewaffneter Friede ist.“ (GODELIER 1973, 223).

Bei den Überlegungen zum Prinzip der Reziprozität ist zu betonen, dass Sahlins die Reziprozitätsformen weder mit Aspekten der Arbeitsteilung noch mit solchen der Weitergabeart eindeutig verknüpft (SAHLINS 1974, 190ff.). Einzig zum Aspekt “Vertikalität gesellschaftlicher Strukturen“ (vgl. ZIMMERMANN 1995, 62 Abb. 22) bestehen lose Verknüpfungen in dem Sinne, dass vor allem die einfacheren Reziprozitätsformen häufig zusammen mit eher flachen gesellschaftlichen Strukturen auftreten.

Die von Roessler entworfene Typologie des Tausches wird hier aus mehreren Gründen nicht weiter verwendet (ders. 1999, 175ff.). Denn das Unterscheidungskriterium zwischen Warentausch und Tauschhandel, die Einbeziehung von Geld im Fall des Warentausches, überzeugt nicht. In dieser Arbeit folge ich einem Ansatz, nachdem ein hergestelltes Gut zur *Ware* wird, wenn man es (in erster Linie) für den Tausch herstellt (HEINRICH 2005, 36ff.; vgl. GODELIER 1973, 241). Der Gebrauchswert eines über den Eigenbedarf hinaus produzierten Objektes liegt für den Hersteller ja nicht darin, für ihn nützlich zu sein. Das Objekt besitzt statt dessen Gebrauchswert für andere, und ist daher für diese nützlich, weshalb man es mit ihnen tauschen kann. Dabei erhält der Produzent wiederum Dinge, die er nicht selbst herstellt, aber benötigt.

Ein Blick in die Ethnologie zeigt (GODELIER 1973, 208f.), dass es von der sozialen Beziehung zwischen den Beteiligten abhängt, wann etwas wie eine Ware behandelt wird. „*Beim Eintreten* in und *beim Überwechseln* aus“ einer Gesellschaft in eine andere kann etwas Warenform annehmen, während es „*Im Innern* dieser Gesellschaften“ wie ein Gut behandelt wird, das in generalisierter oder balanzierter Reziprozität getauscht wird (GODELIER 1973, 209; Hervorhebungen im Original). Bei der Produktion für den Export und beim Import ist etwas eine Ware, danach meist nicht mehr. Aber auch innerhalb einer Gesellschaft können solche Objekte wie Waren behandelt werden. In den meisten, wenig komplexen traditionellen Gesellschaften besitzen solche Gegenstände eine Doppelnatur: „Sie sind zugleich Ware und Nichtware [...]“(ebd.).

Die Einschränkung des *Warenbegriffs* auf moderne Wirtschaftssysteme (ROESSLER 1999, 175f.) stellt in diesem Zusammenhang sowohl aus historischer, als auch aus archäologischer Sicht eine nicht hinnehmbare Beschränkung dar. Sie erschwert die Untersuchung der im Tausch manifesten Ungleichheiten der sozioökonomischen Beziehungen unnötig. Die Entstehung und der Grad der Abhängigkeiten bei der Verflechtung von Produktion und Versorgung sind mit den Konzepten Warentausch versus Tauschhandel nicht im angestrebten Sinne erfassbar. Die Kritik Roesslers am hier verwendeten Warenbegriff trifft nicht den Punkt, wenn es heißt, *Gebrauchs-* und *Tauschwert* fußten auf „historischen gewachsenen kulturellen Konventionen“ (ders. 1999, 176), die so nur im gegenwärtigen Wirtschaftssystem aufträten. Kulturell verschieden sind ja nur die Ausprägung von *Gebrauchs-* und *Tauschwert*, die Phänomene selbst aber sind universell. So ist zu unterscheiden zwischen den sehr wohl kulturell verschieden ausfallenden Motiven, weshalb etwas Gebrauchswert besitzt, und dem abstrakten allgemeinen Phänomen, dass etwas Gebrauchswert besitzt. Letzteres geht besonders bei aufwendigeren Objekten einfach aus der Tatsache hervor, dass sie sonst nicht hergestellt worden wären.

Der *Tauschwert* ist dabei auf eine Universalie gegründet, die das Ins-Verhältnis-Setzen der Tauschobjekte erst ermöglicht (GODELIER 1973, 242 und 245). Diese Universalität besteht in der einzigen Gemeinsamkeit, die den in ihrer Materie manchmal völlig unterschiedlichen Tauschobjekten eigen ist, nämlich Ergebnisse menschlicher Arbeit zu sein.

Ein Wertbegriff, der als ‘*tertium comparationis*‘ die im Produkt vergegenständlichte menschliche Arbeit heranzieht, ist also weder kulturell noch historisch relativ. Er gründet vielmehr auf der einzigen universellen Gemeinsamkeit menschlicher Erzeugnisse. Dieser Wertbegriff ist dadurch besonders für eine Benutzung in der Archäologie geeignet. Denn aufgrund der häufig gut nachvollziehbaren Herstellungswege ist gerade die für Objekte aufgewendete Arbeit mit archäologischen Arbeitsweisen in ausreichend genauer Weise ermittelbar und die Wertschöpfungsrelation somit erforschbar.

Auch ist die Veräußerung – oder sage Weitergabe – eines Produktes nicht, wie Roessler postuliert (ders. 1999, 175), an die Art eines bestimmten ökonomischen Systems gebunden<sup>4.3</sup>, wie etwa aus der umfassenden Untersuchungen von Wolf gut zu erkennen ist (ders. 1997). Der hier verwendete Begriff der Ware basiert also einem auf universell anwendbaren Konzept – die Kritik von Roessler ist bei näherer Betrachtung nicht stichhaltig.

Als allgemeiner Begriff für Objekte, die zunächst oder von vornherein ohne Absicht des Weitertauschens erzeugt wurden und nur sporadisch in den Tausch gelangten, wird hier *Gut* verwendet. Ist der wirtschaftshistorische Kontext noch unklar, empfiehlt es sich daher zunächst von Gütern zu sprechen. Schließlich sind die Entwicklung der sozialen Arbeitsteilung (s. u.) und die der Warenproduktion nur Teile eines komplexeren sozioökonomischen Systems, der Entstehung sozialer mit ihr und durch sie erzeugter Ungleichheit.

Es ist auch kein Widerspruch, wenn (bei einer Produktion geringen Umfangs) ein Gut zunächst zum Eigenbedarf hergestellt, schließlich dann aber doch vertauscht wird oder vice versa (GODELIER 1973, 209). Entscheidend ist nämlich vor allem, im welchem Umfang Warenproduktion die Grundlage des Lebensunterhaltes bildet. Erst wenn eine zunächst nebenbei ausgeübte Warenproduktion schließlich an die Stelle der agrarischen Produktion tritt, kann von einer grundsätzlichen sozialen Arbeitsteilung (s. u.) gesprochen werden.

Zusammenfassend kann zum Begriff Ware gesagt werden, dass die auf Godelier fußende Begrifflichkeit es erlaubt, archäologisch entwickelte Antworten zur der hier verfolgten Fragestellung zu formulieren.

So ist die Begrifflichkeit auf prähistorische Verhältnisse bereits bei der Kenntnis von Qualitäts- und Quantitätsunterschieden zwischen Varianten eines Gutes möglich. Beispielsweise zeigte sich an den unterschiedlichen Anteilen von Knollen- und Plattenhornstein in den natürlichen Vorkommen einerseits und in den älteren und jüngeren Siedlungen in nah und fern andererseits, dass mit der Weitergabe eine Präferenz für Plattenhornstein einherging (s. o. 2.3. und 3.1.2.1.). Dieser weist eine Reihe von besonderen Eigenschaften auf. Die Materialgüte ist leichter abschätzbar, ebenso wie die Zahl der aus einem Kern gewinnbaren Klingen. Materialschäden im Rohstückinneren lassen sich besser erkennen. Platten sind auch gut in Untereinheiten teilbar. Durch ihre Form sind sie bei Lagerung und Transport leichter zu handhaben. All dies konnte im Hinblick auf die Weitergabe eine wichtige Rolle spielen. Das Gut Hornstein weist also in seiner Beschaffenheit Eigenschaften auf, die eine bestimmte Art des Umgangs damit leichter erlauben.

---

<sup>4.3</sup> Aus wissenschaftstheoretischer Sicht ist an dieser Kritik zudem ihr tautologischer Zug problematisch, wenn sie behauptet, was Ware definiere, sei erst in Gesellschaften mit Warenproduktion fassbar.

Der Tausch von Waren bedarf auch nicht der Existenz von *Marktplätzen* (vgl. GODELIER 1973; SAHLINS 1974, 301). Mit dem Begriff *Markt* bzw. der Existenz eines Marktes wird in der Ethnologie das abstrakte Phänomen einer überwiegend auf Warentausch basierenden Wirtschaft verstanden (PEOPLES/BAILEY 1994, 186ff.). Marktplätze hingegen sind die konkreten räumlichen Orte, an denen Dinge getauscht werden. Sowohl die Existenz von Märkten wie die von Marktplätzen bedarf in der Regel der Existenz von Geld (ebd.) oder zumindest eines allgemeinen Tauschäquivalents. Zugleich, und das wird häufig übersehen, bedingt die Existenz von Marktplätzen umfassende und weitreichende sozioökonomische Institutionen und Instanzen: Die Existenz von anerkannten (und einheitlichen) Messsystemen für die Raum- und vor allem die Gewichtsmaße, die Existenz einer alle zumindest zeitweilig einschließenden einheitlichen Rechtsordnung, die Autoritäten zu deren Durchsetzung und vieles mehr. Wenn man also ein Phänomen wie das des Marktplatzes als Erklärung für einen archäologischen Befund in Erwägung zieht, muss man sich bewusst sein, dass man implizit zugleich damit die Existenz einer ganzen Reihe weiterer Phänomene behauptet. In der Regel sind solche Phänomene – und daher auch das Bestehen von Marktplätzen – damit auf komplexe, meist staatlich organisierte Gesellschaften beschränkt. Von quantitativer Seite gesehen können sie schließlich nur existieren, wenn viele Akteure in einer Gesellschaft sich jeweils zumindest zeitweilig auf die Erzeugung von Waren verlegen und die Landwirtschaft beständig größere Überschüsse zu ihrer Ernährung erzeugt, die selbst als Waren getauscht werden. Für das mitteleuropäische Alt- und Mittelneolithikum ist die Institution Marktplatz daher zumindest hochgradig unwahrscheinlich. Erst ab der Benutzung des Pfluges mit dem Spätneolithikum waren die nötigen Quantitäten dafür vorhanden.

Von grundlegender Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass erst Warenproduktion es den Produzenten ermöglicht, allein durch Herstellung nicht selbst verbrauchter Dinge ihren Lebensunterhalt zu schaffen. Es gilt das gleiche wie bei der Existenz des Marktes: *Postuliert man die Existenz von Vollzeitspezialisten* (vgl.u.), etwa professionelle Bergleute, Silexverarbeiter oder Händler, *behauptet man damit implizit zugleich die Existenz zahlreicher anderer Phänomene*. Beispielsweise behauptet man damit auch, es bestehe eine umfassende Warenproduktion – mit allen ihren sozialen Implikationen. Demnach wäre das ganze Wirtschaften bereits zu einem gewissen Grad auf das Produzieren von Waren ausgerichtet. Das betrifft nicht nur die Sektoren, für die man professionelle Warenproduzenten annimmt, sondern auch alle anderen zur Subsistenz notwendigen Wirtschaftsbereiche, besonders aber die Lebensmittelproduktion.

So wäre es den Produzenten der Ware Silexrohmaterial oder Kern bzw. Klinge oder Gerät nur dann möglich gewesen, von eingetauschten Lebensmitteln zu leben, wenn die agrarische Produktion regelhaft deutlich über dem Eigenbedarf der Bauern lag.

Zusätzlich hätten die Bauern diese Nahrungsüberschussproduktion zum Tausch anbieten müssen (vgl. PRICE 1978, 234), anstatt sie beispielsweise für Krisenzeiten zu speichern.

An dieser Stelle sei ausdrücklich mit Price darauf hingewiesen, dass es aus kultur-anthropologischer Sicht illegitim ist, *Handel* für den Auslöser *kultureller Entwicklungen* zu halten, ohne die ihm zugrunde liegenden Produktionsweisen zu untersuchen. In der Archäologie wird gerne und oft die Existenz nicht lokaler Güter als Anzeichen von Handel und dieser wiederum als Ursache kulturellen Wandels angesehen. Wie Price jedoch richtigerweise betont, müssen erst die sozioökonomischen Zusammenhänge (Organisation, Produktion und Verteilung) untersucht werden, die den Transfer von Gegenständen überhaupt ermöglichen. Was schließlich den kulturellen Wandel anbelangt, so gilt hier wiederum, dass zunächst die Verhältnisse in den beiden durch Kontakt verbundenen Kulturen zu erforschen sind. Erst dadurch ist es möglich, zu erklären warum welche Aspekte übernommen wurden, und warum andere nicht. Und nur dann wird klar, welche Rolle der wirtschaftliche Kontakt für die kulturelle Entwicklung spielte.

Bei einem Thema wie Ware (und Handel s. u.) ist es auch nötig auf das Stichwort *Geld* einzugehen. Dessen Existenz ist davon abhängig, in wieweit die Versorgung von Eintauch und nicht von Eigenproduktion geprägt wird (KOHL 1993, 85; vgl. GODELIER 1973, 247). Erst wenn ein nicht unbeträchtlicher Teil des Gesamtbedarfes eines Haushaltes nur noch durch Tausch gedeckt werden kann und damit die Wertmessung beim Tausch zur täglichen Notwendigkeit wird, ist die Existenz eines allgemein verwendeten Wertmaßstabes zwingend erforderlich.

Ein solcher Maßstab kann zwar auch schon vorher auftreten, ist dann jedoch in der Regel noch auf bestimmte ökonomische Felder beschränkt. In dem Maße, wie die Notwendigkeit zur Entwicklung eines allgemeinen Wertmaßstabes wächst, können bestimmte Waren mit der Zeit mehr und mehr den Charakter eines solchen Maßstabes und damit Geldfunktion annehmen. Danach ist das Auftreten von Geld bzw. Waren mit Geldfunktion ein kontinuierlicher Prozess, dessen abstrakten Endpunkt man heute in der Gestalt des immateriellen Buchgeldes betrachten kann.

Will man bei einem Phänomen mit kontinuierlicher Entwicklung Zustände gegeneinander abgrenzen und historisch fassen, ist es wichtig, das Entwicklungsstadium ganz genau zu beschreiben. So ist beispielsweise selbst die Existenz von Münzen noch kein Beweis für die Existenz eines monetären Systems (DARK 1995, 130f.).

Es bieten sich daher statt eines dichotomen Konzeptes, das nur die Existenz von Geld in seinem umgangssprachlichen Verständnis bejaht oder verneint, abgestufte Begrifflichkeiten wie etwa die Reihe 'spezielles Äquivalent', 'allgemeines Äquivalent', 'frühes Geld', 'Marktgeld' und 'Zahlungsmittel' an (vgl. a. a. O. sowie PEOPLES/BAILEY 1994, 186f.).

Bei den Äquivalenten handelt es sich um Waren, die dauerhaft die Rolle des Wertmaßstabes übernehmen. Bei der speziellen Ausprägung werden nur bestimmte Gruppen von Waren überhaupt anhand des Äquivalents im Wert verglichen und dagegen getauscht. Ein Maßstab muss übrigens nicht präsent sein, um zu funktionieren.

Beim Geld ist die Rolle des Wertmaßstabes endgültig mit einer Substanz wie etwa dem Edelmetall verbunden. Es ersetzt jetzt beim Tausch von Waren die Position der als Gegengabe gegebenen Ware. Seine Erscheinungsform wird außerdem vereinheitlicht, d. h. die Geldsubstanz wird stets in bestimmte regelmäßige Formen und Größen (meist Gewichts basierte Stückelung) gebracht. Diese Stücke werden in der Regel mit besonderen Zeichen versehen, die die Vertrauenswürdigkeit dieser Geldstücke in Bezug auf Echtheit und Gewicht bezeugen sollen. Beim Tausch bzw. Kauf werden dann nicht mehr zwei im Wert aneinander gemessene Waren getauscht, sondern eine Ware gegen ein Geldquantum. Frühes Geld ist aber zunächst wiederum nur zum Kauf bestimmter Dinge verwendbar, es existieren noch Beschränkungen was damit gekauft werden kann. Deshalb gibt es auf dieser Entwicklungsebene in der Regel auch kein 'Kleingeld'. Beim Marktgeld entfällt diese Beschränkung (zumindest weitgehend): Jede sinnvolle Gewichtsstückelung der Geldsubstanz ist zugleich eine selbständige Werteinheit und es treten Kleingeldobjekte auf. Ein Zahlungsmittel schließlich erlaubt finanzielle Transaktionen bei dem die einzelnen Phasen der Transaktion zeitlich (und räumlich) getrennt sein können.

Archäologisch kann man also normalerweise Geld leicht von Äquivalenten trennen, da diese in der Regel nur eine Vereinheitlichung des Gewichts erfahren, während jenes außerdem noch in Form und Material vereinheitlicht wird. Wenn dazu kleine Stückelungen auftreten, handelt es sich um (Markt-)Geld. Für die Identifizierung von Zahlungsmitteln bedarf es dagegen schriftlicher Quellen, da man nur so zeitlich gegeneinander verschobene Teile einer Transaktion ermitteln kann.

Im gesamten mitteleuropäischen Neolithikum tritt nach meinem Wissen nirgendwo etwas auf, das man in diesem Sinne als Geld bezeichnen könnte. Einzelne Arten von Gegenständen könnten unter Umständen die Rolle von speziellen oder allgemeinen Äquivalenten übernommen haben. Dieser Aspekt kann hier jedoch nicht weiter verfolgt werden, er wäre Gegenstand einer eigenen umfassenden Studie.

Die Art der Reziprozität im Tausch ist aber nicht von der Existenz von Geld abhängig. Auch beim Tauschhandel kann etwas als Ware getauscht werden. Gestützt wird diese Sicht von den Forschungen Wolfs (ders. 1997).

So traten bei interkulturellen Tauschbeziehungen, bei denen zunächst nur die eine Seite der beiden Partner von einer Gesellschaft mit entwickelter Warenproduktion gebildet wurde und bei denen häufig (zunächst) keine 'Geldware' vorhanden war, spezifische Rückwirkungen auf. Die Behandlung von Gegenständen als Ware führte in der anderen Gesellschaft stets dazu, dass auch die für die Herstellung dieser Objekte notwendigen Mittel schließlich selbst zur Ware wurden. In den meisten Fällen handelte es sich um Produkte des primären Sektors (Landwirtschaft und Rohstoffgewinnung), weshalb sich folglich meist die Landbesitzregelungen änderten. Besonders diese Rückwirkung bedeutete meist eine enorme sozioökonomische Veränderung der betroffenen Gesellschaft und führte häufig zu Konflikten. Da diese Folgen aber von den Betroffenen in den nichteuropäischen Gesellschaften fast nie antizipiert wurden, ergibt sich, dass ein beträchtlicher Anteil des mit ökonomischen Kontakten verbundenen Kulturwandels auf latente Effekte zurückgeht, deren Kausalfaktoren in den wirtschaftlichen Veränderungen nur angelegt, aber den Beteiligten nicht offensichtlich waren.

Setzt man die bisherigen Ergebnisse mit dem Komplex Silexverarbeitung sowie -weitergabe in Beziehung und entwirft ein *quantitatives Modellbeispiel*, ergibt sich ein erstaunliches Szenario. Um Lebensmittel für die Existenz einer Familie zu erhalten (vgl. ZIMMERMANN 1995, 61), wird angenommen, dass aufs Ganze gesehen ein Erwachsener aus dieser Familie sich vollständig einer bestimmten Tätigkeit widmet. Bei vermutlich überwiegend von Männern ausgeübten Tätigkeiten wie dem Bergbau, hätte ein Bergmann mit dem Erlös seiner Tätigkeit auch die Lebensmittel für seine Familie 'erwirtschaften' müssen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass es bei Hornsteinverarbeitung und -weitergabe keine Gründe für die Annahme gibt, sie seien mit spezifischen Geschlechterrollen enger verknüpft. Bei technisch einfachen und schnell ausgeführten Tätigkeiten wie dem Präparieren von Kernen und dem Herstellen von Klingen, entsprächen die Herstellungsergebnisse nach dem oben Gesagten nur sehr geringen Mengen an Lebensmitteln. So wird für Silexknollen aus westischem Feuerstein angenommen (DE GROOTH 1987, 35), dass man innerhalb von 30 Minuten eine Knolle komplett in bis zu 40 Klingen zerlegen konnte, von denen etwa 30 % zur weiteren Benutzung taugten. Mit zwei Stunden Arbeit ist also ein bandkeramischer Jahresbedarf gedeckt (ca. 40 Klingen; ZIMMERMANN 1995, 82). Ein einziger professioneller Steinschläger hätte demnach eine enorme Anzahl an Haushalten versorgen können. Wenn zwei Stunden Aktivität einen Jahresbedarf sichern, hätte ein einziger Steinschläger bei 60 Stunden Arbeit pro Woche im Jahr mindestens 1500 Haushalte versorgt. Selbst bei 100 % Gewinnspanne hätte er 750 Haushalte versorgen müssen, um das agrarische Jahresprodukt eines Bauern dafür eintauschen zu können.

Als Gewinn lässt sich das Mehr an Wert bezeichnen, das beim negativ reziproken Tausch beim Warenproduzenten verbleibt. Bei etwa 10500 bandkeramischen Haushalten im westlichen und zentralen Mitteleuropa in den dicht besiedelten Regionen (ZIMMERMANN et al. 2004, 84 Tab. 6) bzw. ca. 13500 (früh-)mittelneolithischen Haushalten in der gleichen Region (Projektdaten LUCIFS; s. u. 4.3.4.), hätten also 15 bis 18 Vollzeitspezialisten völlig ausgereicht, um ganz Mitteleuropa zu versorgen! Folgt man diesen einfach nachvollziehbaren quantitativen Erwägungen, scheidet eine als Handwerk betriebene Silexverarbeitung von vornherein aus. Schließlich fanden sich bisher in hunderten von bandkeramischen Siedlungen Silexverarbeitungsabfälle.

Auch wenn entgegen diesen Überlegungen ein Mehrfaches an Vollzeitspezialisten nötig gewesen wäre, hätte ihre Zahl doch nicht ausgereicht um das Wirtschaftssystem der neolithischen Gesellschaften zu prägen. Dass mit dem Output von Arnhofen ja nur ein Bruchteil dieser Haushalte hätte versorgt werden können (s. o. 2.3.), ist dabei noch gar nicht berücksichtigt. Bedenkt man, dass selbst im Mittelneolithikum der gesamte Abbau in Arnhofen von nur 15 Vollzeitbergleuten hätte erledigt werden können (s. o. 2.3.), aber ebensogut alle umliegenden mittelneolithischen Bauernhöfe dies saisonal während der Wintermonate tätigen konnten, so spitzt sich die Frage nach der Existenz von professionellen Spezialisten allein auf den Bereich der Weitergabe zu. Einzig 'Steinehändler' oder Kombinationen mit Überwiegen des 'kaufmännischen' Anteils kommen überhaupt noch als mögliche Vollzeitspezialisierung in Frage.

Das zweite zentrale begriffliche Feld bei der Untersuchung der Weitergabe ist das der *Arbeitsteilung*. Dafür werden zunächst zwei zentrale Begriffe, Spezialisierung und Arbeitsteilung, erläutert. Im Weiteren werden archäologisch-theoretische *Modelle zur Arbeitsteilung* (im Neolithikum) diskutiert.

Am Beginn muss eine Begriffsklärung stehen. *Spezialisierung* bezeichnet eine besondere, aus irgendwelchen Gründen nicht von allen ausgeübte Tätigkeit (vgl. GODELIER 1973, 215). Damit wird keine Aussage über die Möglichkeit gemacht, ob man allein durch diese Tätigkeit seinen Lebensunterhalt erwirtschaften kann. In der Regel ist eine gewisse Erfahrung bzw. ein bestimmtes Spezialwissen erforderlich. Aber auch dies kann nebenher erlernt werden.

Ein Spezialist ist einfach eine Person, die solche Tätigkeiten ausübt. Erst wenn er einen so großen Teil seines Zeitbudgets auf die Spezialisierung verwendet, dass er von fremderzeugten Lebensmitteln abhängig wird, ist er als *Vollzeitspezialist* zu bezeichnen. Aus der Perspektive des Tausches wurde dieser Aspekt in Zusammenhang mit der Ware schon angesprochen.

Arbeitsteiligkeit bzw. *Arbeitsteilung* bezeichnet die Verteilung bestimmter Teiltätigkeiten eines Arbeitsprozesses auf verschiedene Personen. Dabei kann anhand dieses Begriffes zunächst nicht unterschieden werden, ob es sich nur um temporäre Arbeitsteiligkeit entlang biologisch-sozial definierter Gruppen wie Alter und Geschlecht handelte oder ob eine dauerhafte Arbeitsteiligkeit zwischen Personen aus einer dieser Gruppen vorlag (vgl. RÖSSLER 1999, 16ff.).

Um diesen fundamentalen Unterschied ausdrücken zu können, eignet sich für das temporäre Phänomen die Bezeichnung *funktionale Arbeitsteilung* besser – für das permanente bietet sich dementsprechend die der *sozialen Arbeitsteilung* an. Im ersten Fall erfolgt(e) die Teilung zwischen Gruppen überwiegend aus mit dem Arbeitsprozess verbundenen funktionalen Aspekten wie etwa der Schwere der körperlichen Arbeit. Diese Teilung führte nicht zum völligen, dauerhaften Ausscheiden aus der alltäglichen Nahrungsmittelproduktion bzw. zur vollständigen und dauerhaften Aufgliederung dieses Prozesses. Bei der sozialen Arbeitsteilung handelt es sich dagegen um eine, dauerhaft im Sozialgefüge verankerte Arbeitsorganisation, die daher nicht einfach losgelöst vom sozialen Umfeld existieren kann.

Arbeitsteilung steht in einer dialektischen Beziehung zur Gesellschaft. Sie wirkt auf diese zurück und wird gleichzeitig durch das Ergebnis der Rückwirkung verändert. Besonders während der Entstehung der sozialen Arbeitsteilung ist diese Rückwirkung enorm. Sie gründet sich darauf, dass hier Menschen aus dem 'normalen' Wirtschaften einer Subsistenzökonomie – und damit aus dem normalen Leben einer Gesellschaft – ausscheiden. Die gesamte Gesellschaft musste in diesem Fall neue Regeln entwickeln. Diese betrafen nicht nur den ökonomischen sondern auch den sozialen, rechtlichen und religiösen Bereich. Sie alle waren von Veränderungen betroffen, die sich aus der veränderten Position bestimmter Personen ergaben.

In der klassischen *Soziologie* galt denn auch die Entwicklung bestimmter Grundwerte, allgemeiner Normen und alltäglicher Regeln als zentrale Voraussetzung für die Entstehung von sozialer Arbeitsteilung (ESSER 1999, 305; DURKHEIM 1977, 266ff.). Für die archäologische Forschung bedeutet dies: Es gilt das Gleiche wie schon im Fall von Markt oder bei reinen Warenproduzenten: Wer vermeint, bei einem archäologischen Phänomen einen entscheidenden Schritt bei der sozialen Arbeitsteilung zu sehen, behauptet zugleich, es hätten sich komplexe wirtschafts- und sozialhistorische Phänomene entwickelt. Man kann so vorgehen, muss dann aber zusätzlich prüfen, ob die implizit behaupteten weitreichenden sozial- und wirtschaftshistorischen Zustände mit der untersuchten Gesellschaft vereinbar sind (vgl. u. 4.3.3.1.2.).

Besonders dieser letzte Punkt wird in archäologischen Arbeiten, die die Entwicklung von (sozialer) Arbeitsteilung anhand wirtschaftlicher Phänomene untersuchen, häufig übersehen.

Solche Fragen sind ohne einen Blick auf die Sozialgeschichte aber nicht zufriedenstellend zu lösen.

Für den Fortgang ist hier eine terminologische Differenzierung nötig. Die häufig unter der Begrifflichkeit Arbeitsteilung vermutete klare, dichotome Abgrenzung zwischen den beiden Ausprägungen der sozialen Arbeitsteilung, Vollzeitspezialisten einerseits und "Amateure" andererseits, entspricht nicht der Realität. Vielmehr bezeichnen diese Begriffe die Pole eines evolutionären Kontinuums, dessen Enden die häusliche Produktionsweise (vgl. u.) einerseits und die moderne Industriegesellschaft andererseits bilden (BRUMFIEL/EARLE 1987, 5). Die Entwicklung des Komplexen aus dem Einfachen bedarf in jedem Einzelfall der Untersuchung der quantitativen Aspekte, denn nur sie erlauben die Beurteilung, ob die 'Ergebnisse' einer Tätigkeit für die Subsistenz des Akteurs ausreichen. Ein rein evolutionäres Fortschreiten anzunehmen, bedeutet, von den historischen Prozesse so zu abstrahieren, dass das eigentlich Geschichtliche an ihnen hinter diesen groben Trendbeschreibungen verloren geht.

Allerdings existiert beim Phänomen der Arbeitsteilung ein trennscharfes *Unterscheidungskriterium*. So ist es ein grundsätzlicher Unterschied, ob man seinen Lebensunterhalt mit eigener Nahrungsmittelproduktion oder einzig mit der ständig ausgeübten Tätigkeit fristen kann. Den zweiten Fall kann man mit dem zusätzlichen Adjektiv "professionell" oder auch der Bezeichnung "Handwerker" beschreiben. Die Menschen, die ihren Lebensunterhalt durch die Ausübung einer besonderen Tätigkeit, und nicht mehr durch ein Mitwirken im normalen Rahmen in der (neolithischen) Landwirtschaft erwarben, sind demnach als professionelle Spezialisten, Vollzeitspezialisten oder Handwerker zu bezeichnen. Man könnte Godeliers Spezialisten, der seinen Lebensunterhalt nicht durch seine Spezialisierung bestreitet, dann auch einen Teilzeit- oder 'Feierabendspezialisten' nennen.

Die Begrifflichkeit Zimmermanns, der jemanden als Spezialisten bezeichnet, der soviel erwirtschaftet, "dass er sich zumindest z. T. davon ernähren kann" (1995, 61), findet hier keine Anwendung, da mit der Terminologie von Godelier komplexe Phänomene besser erfasst werden können. So ist etwa beim Bergbau Spezialwissen unbedingt nötig (s. o. 1.4.), gleichzeitig sprechen aber die Quantitäten deutlich gegen eine vollständig arbeitsteilige Tätigkeit (s. o. 2.3.). Eine ähnliche Situation tritt auch bei der mittelpaläolithischen Silexverarbeitung in Mitterfecking auf (s. o. 3.2.). Aber selbst hier sprechen die Quantitäten gegen eine Loslösung aus dem bäuerlichen Wirtschaften. In diesen Bereichen ist also mit Teilzeitspezialisten zu rechnen.

Archäologisch gut sichtbar wird die Existenz von Spezialisierung, wenn ein bestimmtes Gut in einigen Haushalten in weit überdurchschnittlichem Umfang hergestellt wird.

Wird gleichzeitig auf agrarische Tätigkeiten verzichtet, während in allen anderen Haushalten der agrarische Bereich eine Intensivierung erfährt, ist man auf eine ausgeprägte soziale Arbeitsteilung gestoßen. Zur Beurteilung der Frage, professioneller Spezialist oder nur Spezialist (s. u.), genügt es aber bereits, wenn sich mittels Arbeitszeitschätzungen zeigen lässt, dass die auf die hergestellten Produkte verwendete Arbeitszeit soviel von einem Zeitbudget verbraucht, dass die gleichzeitig die Erzeugung von Lebensmitteln nicht mehr möglich ist.

*Vollzeitspezialisten* kann man grundsätzlich in zwei Gruppen unterteilen, *unabhängige* oder *abhängige* Handwerker (BRUMFIEL/EARLE 1987, 5). Da der zweite Fall unlösbar mit der Existenz ausgebildeter Hierarchien in Verbindung steht, kann man ihn schon von vornherein für die Fragen zur alt- und mittelneolithischen Arbeitsteilung weitestgehend ausschließen. Dadurch verengt sich der Bereich der Wirtschafts- und Sozialgeschichte, den man für dieses Thema durchforsten muss.

*Unabhängige Vollzeitspezialisten* produzieren Alltagswaren für eine un spezifizierte Anzahl von Nachfragern (a. a. O.). Ihre Existenz ist daher in erster Linie vom Vorhandensein einer ausreichend großen Bevölkerung abhängig (BRUMFIEL/EARLE 1987, 5; PRICE 1978, 235 und 243). Auch die klassische Soziologie sah schon die besondere Bedeutung der Bevölkerungsdichte: Für Emile Durkheim war der Entwicklungsgrad sozialer Arbeitsteilung aufs engste mit der Bevölkerungsdichte verknüpft (DURKHEIM 1977, 296ff.). Selbst wenn es eine ausreichend große Bevölkerung gibt, kann sich eine Teilzeitspezialisierung nicht zum Handwerk entwickeln, solange keine sozialen Mechanismen die Existenz der Handwerker gegen existenzbedrohende ökonomische Fluktuationen schützen (BRUMFIEL/EARLE 1987, 5).

Gleichzeitig ist es für die Existenz unabhängiger Vollzeitspezialisten unbedingt notwendig, dass es stabile und effiziente Tauschmechanismen gibt, damit sie sich mit Nahrung und Rohstoffen versorgen können (a. a. O.). Es muss also bereits ein weitgehend entwickeltes System der Warenproduktion bestehen, dass die dauerhafte Versorgung über den Tausch zuließ. Streng genommen setzt hier die Genese des Phänomens seine eigene Existenz voraus.

Folgt man diesen Überlegungen wird klar, dass sich die Entwicklung der sozialen Arbeitsteilung nur unter ganz besonderen Voraussetzungen in Form der Entstehung unabhängiger Vollzeitspezialisten vollzogen haben könnte.

Aus Sicht der klassischen Soziologie gibt es zudem keinen Grund (s. o.), warum sich Normen hätten etablieren sollen, die zur Sicherung der Existenz von Vollzeitspezialisten nötig sind (vgl. DURKHEIM 1977, 221f. und 235f.). Dies betrifft besonders Normen, die den bisherigen Regelungen widersprachen.

Auch aus dieser Perspektive ist eine solche Entwicklung daher unwahrscheinlich. Durkheim etwa betonte bei der erstmaligen Durchsetzung veränderter Normen zur sozialen Arbeitsteilung die besondere Bedeutung von Autoritäten und hierarchischen Strukturen.

Unabhängige Handwerker sind von den Prinzipien technischer und wirtschaftlicher Effizienz sowie rechtlicher Sicherheit geleitet (BRUMFIEL/EARLE 1987, 5). Das Verwerfen größerer Rohstoffmengen wie etwa der Verzicht auf die Knollenvariante des Arnhoferer Hornsteins ist daher ein direktes archäologisches Indiz gegen Handwerker bei Gewinnung und Verarbeitung.

Im Vorgriff auf die Ergebnisse der nächsten Teilkapitel ist es für den hier untersuchten Zeitraum des Alt- und Mittelneolithikums (5500 v. Chr. bis 4750 bzw. 4500 v. Chr.) nötig, Konzepte und *Modelle zur sozialen Arbeitsteilung* zu betrachten, die sich mit dem Niveau unterhalb der Vollzeitspezialisierung beschäftigen.

Das wichtigste, weil vollständig durchstrukturierte Konzept wurde von *Pieter van de Velde* entworfen (ders. 1979, 110ff.). Es basiert zum Teil auf den Arbeiten von Sahlins (ders. 1974, 41ff.) und behandelt die soziale Arbeitsteilung in Gesellschaften, deren primäres Strukturprinzip die Verwandtschaft darstellt. Es handelt es sich um den seltenen Fall eines speziell für die Archäologie entwickelten Theoriemodells. Es sei daher hier im Detail diskutiert und auf seine Verwendbarkeit überprüft.

Van de Velde unterscheidet, angeregt von der (neomarxistisch inspirierten) Ethnologie, dabei vier verschiedene *Varianten von Produktionsweisen* ('*modes of production*'). Sie beschreiben die Arbeitsteiligkeit zwischen Haushalten, *ohne* dass dabei ein Haushalt aus dem 'normalen' Wirtschaften völlig herausfällt.

Die erste seiner Produktionsweisen entspricht dem von Sahlins beschriebenen *haushaltsbasierten Wirtschaften* ('*domestic mode*'; vgl. a. a. O.), dem Nebeneinander-Wirtschaften einzelner Haushalte. Sie versuchen, alle ihre Bedürfnisse weitestgehend in Eigenregie zu decken. Bei dieser Form des Wirtschaftens wird die regelhafte Erzeugung hoher Überschüsse im agrarischen Bereich von den Beteiligten gar nicht angestrebt. D. h., es findet keine Maximierung der landwirtschaftlichen Produktion statt. Umfangreiche Überschüsse können auftreten, sie sind aber eher selten (SAHLINS 1974, 84). Die Regel sind kleinere, unregelmäßig auftretende agrarische Überschüsse, die zu keiner dauerhaften Veränderung des Wirtschaftsgefüges führen. Sie werden zur Beschaffung der wenigen nicht selbst herstellbaren Güter verwendet.

Wie oben erläutert, ist aber ein beständig auf hohem Niveau vorhandener Überschuss an agrarischen Produkten (Nahrungsmittel) notwendig, um Vollzeitspezialisten zu tragen (vgl. TABACZYNSKI 1970, 267ff. und 312; zit. nach KACZANOWSKA 1985, 141).

Nach Tabaczynski kann während des gesamten älteren Neolithikums von solchen Überschüssen nicht die Rede sein. Die Ausbreitung der Bandkeramik von Ungarn bis ins Pariser Becken zwischen dem 57. und dem 52. Jh. v.Chr. zeigt, dass bandkeramische Bauernfamilien in der Lage waren, abwandernde Familienteile mit allem Nötigen für die Gründung eines eigenen Bauernhofes auszustatten. Dabei handelt es sich aber nicht um die hier gemeinte Art von beständig auf hohem Niveau über dem eigenen Bedarf erwirtschafteten Überschüssen. Vielmehr muss hier über eine Art Aufteilung bestehender Wirtschaftseinheiten nachgedacht werden.

Beim 'domestic mode' entstehen zwar Überschüsse: "Still, it is 'what they need': the exchange, and the production for it, are oriented to livelihood, not to profits" (SAHLINS 1974, 83). Es können durchaus auch einmal für besondere Zwecke, etwa für die absehbare Aussteuer künftiger Auswanderer, zeitweise höhere Überschüsse erzeugt werden (vgl. a. a. O., 84f.). Ebenso ist im Rahmen dieses Systems die Produktion von Überschüssen, die nur wenige Tage Mehrarbeit erfordern, beispielsweise bei der Hornsteingewinnung (s. o. 2.3.), durchaus möglich.

Nochmals sei aber der entscheidende Unterschied zu der Art von Überschüssen betont, an die Tabaczynski denkt (ders. 1970) und die nach den Ausführungen von Brumfiel und Earle zwingend für Vollzeitspezialisierung nötig sind (dies. 1987). Die Erzeugung von Überschüssen dieser Art gehört nicht zu den Zielen des ökonomischen Handelns im System des haushaltsbasierten Wirtschaftens ('domestic mode'; vgl. SAHLINS 1974, 43ff.). Die regelmäßige und vor allem systematische Überschusserzeugung wird in solchen Systemen angesichts des Mangels von Normen für ihre Verwendung sogar zu einem Problemfall. Reguläre Überschussproduktion dauerhaft zu installieren stürzt das haushaltsbasierte Wirtschaften in eine Normenkrise.

Die mittelfristige, einmalige Erzeugung von Überschüssen, wie sie einmal im Leben einer Bauernfamilie etwa für die Aussteuer oder Ausrüstung von abwandernden Kindern nötig wurde, ist von dieser Aussage ebenso wenig betroffen, wie die sporadische Erwirtschaftung von kleineren Überschüssen zum balanziertreziproken Tausch. Neben der Ausrüstung von Abwanderern wurde noch für andere wiederkehrende Gelegenheiten Überschüsse erzeugt, etwa für die Errichtung eines Hauses oder die gemeinschaftliche Anlage von Grabenwerken. Das ist aber eben nicht das Gleiche, als wenn man von vornherein beabsichtigt, jedes Jahr einen Überschuss zu erzeugen, der einen beträchtlichen Anteil der Gesamtproduktion ausmacht. Zumal, wenn dieser in die antizipierten sozialen Abläufe eingebunden ist.

Der 'domestic mode of production' im Sinne von Sahlins (nicht von Van de Velde!) ist die Form des Wirtschaftens (SAHLINS 1974), die in der Ethnologie grundsätzlich mit relativ autonomen Wirtschaftseinheiten (Bauernhöfen) verbunden wird.

Solange es für die hier untersuchten Zeiten keine Hinweise auf eine Landwirtschaft gibt, die systematisch in kommunaler Form betrieben wurde, oder bei der hierarchische Strukturen (z.B. mitversorgte Einheiten) auftauchen, kann man sie deshalb ohne größeres Irrtumsrisiko a priori mindestens für die ersten tausend Jahre des Neolithikums in Mitteleuropa annehmen.

Die zweite Produktionsweise, das auf *Verwandtschaftsgruppen basierende Wirtschaften* ('lineage mode'), geht auf Godelier zurück (ders. 1975, 9ff.). Es bezeichnet eine Arbeitsteilung zwischen den Haushalten *einer* größeren Verwandtschaftsgruppe. Die Angehörigen eines Haushaltes, der arbeitsteilig für alle anderen Haushalte der Verwandtschaftsgruppe eine bestimmte Tätigkeit wahrnimmt, sind aber immer noch keine Vollzeitspezialisten, die aus dem alltäglichen Wirtschaften ausscheiden. Allerdings müssen hier per definitionem einzelne Haushalte mit beständig erwirtschafteten Überschüssen an einem Gut die anderen Haushalte mit versorgen.

Strukturen des 'lineage mode' sind archäologisch schwer belegbar. Aufgrund der zu vermutenden Bedeutung der Verwandtschaft bei den hier untersuchten Gesellschaften könnte diese Organisationsform besonders auf der Ebene der lokalen Versorgung eine bedeutende Rolle gespielt haben (vgl. 4.3.3.1.2.). Ein solcher Fall könnte etwa vorliegen, wenn in ansonsten gleichartigen Siedlungen regelhaft immer wieder Werkstätten in ‚normalen Häusern‘ zu beobachten sind, die aber aufgrund der Relation von Produktion und Abnehmerkreis nicht als Vollzeitspezialisierung funktionieren können. Beim Bergbau zeigten die Arbeitszeitschätzungen (s. o. 2.1.6. und 2.3.), dass es grundsätzlich für die Abbauaktivitäten keiner größeren Einheiten als einzelne Haushalte bedurfte. Zumindest bei der Weitergabe von Hand zu Hand (s. u.) dürfte die verwandtschaftliche Nähe oder Entfernung zwischen den beteiligten Haushalten eine entscheidende Rolle gespielt haben.

Wegen der problematischen Verbindung dieses Konzepts mit den archäologischen Quellen kann daher diese – von Van de Velde scheinbar als ausschließliche und dauerhafte Institution – verstandene Organisationsform des 'lineage mode' in dieser Weise nicht erwartet werden. Andererseits ist der im Mittelneolithikum gewachsene Spielraum einzelner Haushalte in Verbindung mit der Bedeutung der verwandtschaftlichen Organisation ein Hinweis in diese Richtung (s. u. 4.3.3.1.2.). Archäologisch ist diese Situation aber durch den Blick auf die Verteilung von Produktionshinweisen nur schwer zu fassen. So kann etwa angesichts der im Mittelneolithikum vorherrschenden Sitte, den Abfall ganzer Siedlungen kommunal in einige wenige große Gruben zu entsorgen, nicht entschieden werden, welche Haushalte in einer Siedlung wie an wirtschaftlichen Systemen beteiligt sind. Die Untersuchung zur Silexversorgung im bandkeramischen Kückhoven zeigt (vgl. NOCKEMANN 2005), dass schon zu dieser Zeit zumindest zwischen Siedlungsteilen deutliche Unterschiede existiert haben dürften.

Das Konzept des 'lineage mode' könnte also gerade im Bereich der Silexversorgung eine bedeutende Rolle gespielt haben. Das legt auch die Bedeutung der Verwandtschaft in wenig hierarchischen vormodernen Gesellschaften nahe (s. u. 4.3.3.1.2.; vgl. KOHL 1993, 33ff.). Um hier aber vom Stadium einer plausiblen Vermutung weiter zu gelangen, sind erst weitere Detailstudien zu siedlungsinternen Differenzierungsprozessen im Alt- und Mittelneolithikum nötig.

Eine theoretische Eigenentwicklung bei Van de Velde ist der '*loose mode*', das *Wirtschaften mit vereinzelt Teilzeitspezialisten*. Dabei geht deren Existenz auf ihr besonderes Können in dem einen oder anderen Tätigkeitsbereich zurück. Diese Variante ist weitgehend bedeutungsgleich mit der Spezialisierung nach Godelier (ders. 1973; s. o.) und bezeichnet eine Arbeitsteilung, bei der die Teilzeitspezialisten saisonal oder nach Bedarf für einen kurzen Zeitraum tätig werden. Davon und danach aber wirtschaften sie wie alle anderen. Hierbei werden kurzfristig auch größere Überschüsse erzeugt. Aufgrund des sporadischen bis saisonalen Charakters liegt aber keine beständige systematische Überschußproduktion vor.

Mit einem Konzept wie dem 'loose mode' ließe sich ein Aspekt des neolithischen Bergbaus gut beschreiben. Weder in Arnhofen, noch in anderen zum Vergleich herangezogenen Bergwerken lassen sich für die Zeit um 4000 v.Chr. vollzeitspezialisierte Bergleute nachweisen (s. o. 2.1.8.). Gleichzeitig belegen die untersuchten Bergbautechniken detaillierte Planung und Vermessung (s. o. 2.1.4.2.), weitreichendes Wissen um die technologisch-geologischen Aspekte des Bergbaus (s. o. 1.4.) und enorme Könnerschaft bei deren physischer Umsetzung.

Wahrscheinlich besaß nicht jede(-r) Angehörige(-r) der Gruppen, die die Bergwerke benutzen durften, die dafür notwendigen Fähigkeiten und die entsprechenden Erfahrungen. Gleichzeitig ist jedoch die Anwesenheit mindestens einer derartigen Person für jede Bergbauaktivität zwingend notwendig. Aus den bisherigen Erläuterungen wird klar, dass man derartige Personen am treffendsten als 'Teilzeitspezialisten' bezeichnen kann.

Im Vorgriff auf die Ergebnisse des Teilkapitels 4.3. zur mittelneolithischen Weitergabe und besonders des Unterabschnittes zur mittelneolithischen Gesellschaft (4.3.3.1.2.) kommen zur Beschreibung des Bergbaus und der Weitergabe zu dieser Zeit am ehesten Kombinationen aus 'loose mode' und 'lineage mode' in Frage.

Die vierte Variante, das *überörtliche Wirtschaften* ('*supralocal mode*'), bezeichnet die Arbeitsteilung zwischen mehreren Residenzgruppen. Dabei spielen jedoch weiterhin aus Verwandtschaft abgeleitete Ansprüche die zentrale Rolle und es gibt keine professionellen Spezialisten. Auch wird nicht unterschieden, ob diese Arbeitsteilung aufgrund natürlicher Voraussetzungen – dem Mangel oder Überschuss an bestimmten Naturgütern – entsteht, oder ob sich bei gleichen Voraussetzungen eine sozial begründete Differenzierung entwickelt.

Erst diese ist jedoch eigentlich sozialhistorisch bedeutsam. Die naturbedingte Variante kann zwar zur Entwicklung von Normen und Verhaltensweisen führen, die dann später die Blaupause für den Fall einer allgemeinen, sozial bedingten Arbeitsteilung bilden. Aber der entscheidende Schritt zu Vollzeitspezialisten ist auf diese Weise gar nicht möglich, da die Einbettung der Teilzeitspezialisten in die Verwandtschaftsgruppe sämtliche für die weitere Entwicklung notwendige Voraussetzungen verhindert (vgl.o.).

Van de Veldes Konzept des überörtlichen Wirtschaftens ist ebenfalls aus der Ethnographie übernommen. Dort wird jedoch angenommen, dass eine derartige Arbeitsteilung nur im Krisenfall zur Anwendung kommt (GODELIER 1975, 16). Nach diesem Verständnis entstehen auch hier nicht beständig Überschüsse. Versteht man das Konzept dagegen wie Van de Velde als allgemeines Phänomen, trifft es auf die Silexverarbeitung und -weitergabe dann zu, wenn man zeigen kann, dass mehrere Arbeitsschritte an unterschiedlichen Orten durchgeführt wurden. Genau dies, Siedlungen in denen überwiegend Kerne entzündet und solche in denen sie weiterverarbeitet wurden, ist für die Bandkeramik seit einiger Zeit belegt (ZIMMERMANN 1995, 107). Zu ähnlichen Befunden für Alt- und Mittelneolithikum führte die Untersuchung des Mitterfeckinger Inventars. Mit der Feststellung, die Silexverarbeitung sei im 'supralocal mode' organisiert gewesen, ist aber kein Erkenntniszugewinn verbunden: Dass verschiedene soziale Einheiten beteiligt waren, war ja die Information, mit der man begann.

Für wirtschaftshistorische Studien auf der Ebene der einzelnen Siedlung mag die Frage, ob diese Variante der Arbeitsteilung vorliegt, ein wichtiger Punkt sein. Für regionale oder überregionale Studien und damit auch für diese Arbeit bewegt sich eine derartige Aussage aber auf der Ebene der Tautologie, sobald man die direkte Versorgung ausschließen kann. Dieses Konzept wird hier deshalb nicht weiter diskutiert.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass bei Van de Veldes Ausführungen zu seinen Konzepten an keiner einzigen Stelle von Vollzeitspezialisten die Rede ist (VAN DE VELDE 1979, 110ff., spez. 110, 111 und 115f.). Vielmehr sind die Strukturen aller möglichen Varianten in Verwandtschaftsbeziehungen begründet: "Together, the domestic, lineage, and supralocal modes, however, can be expected to exhaust the possibilities of kin relations." (VAN DE VELDE 1979, 111; meine Hervorhebung).

Dass Van de Veldes Konzeption bei dieser Studie nicht zur Anwendung kommt, sondern nur als *Interpretationshilfe* herangezogen wird, hat folgenden Grund. Die Herkunftssiedlungen der untersuchten Silexinventare wurden nicht vollständig ausgegraben (s. o. 3.1.). Es liegen daher keine Aussagen über die räumliche Verteilung der Silices innerhalb der Siedlungen und somit zur eventuellen Verteilung der Produktionsschritte auf Haushalte vor.

Nur dadurch könnte man jedoch zwischen ‘domestic mode’, ‘lineage mode’ und ‘loose mode’ eindeutig unterscheiden (vgl. DE GROOTH 1987, 40).

Bei unterschiedlich großen Siedlungen sollte der ‘lineage mode’ und der ‘loose mode’ allerdings nach meiner Meinung auch zu Unterschieden zwischen den Ansiedlungen führen. So kann erwartet werden, dass im Falle des ‘loose mode’ in der einen oder anderen kleineren Siedlung gar kein Teilzeitspezialist vorhanden war. Da das Auftreten solcher Teilzeitspezialisten auf Geschick beruhte, und somit in Bezug auf ein Siedlungsgebiet vom Zufall abhängig war, dürften hierbei auch keine zeitlich stabilen Muster auftreten.

Die Unterschiede zwischen Siedlungen beim ‘lineage mode’ träten dann auf, wenn die Haushalte der gemeinsam wirtschaftenden Verwandtschaftsgruppe nicht alle in einer Siedlung lagen bzw. in einer Siedlung nur mitversorgte Teile eine Verwandtschaftsgruppe wohnten. Die bandkeramische Silexversorgung von Kückhoven weist in diese Richtung (s. o.; vgl. NOCKEMANN 2005). Archäologisch fassbar wird dieses Phänomen jedoch erst, wenn man die zu einer größeren Verwandtschaftsgruppe gehörenden Haushalte identifiziert. Und dafür ist die Fundverteilung in den betreffenden Siedlungen auf Hofplatzniveau zu untersuchen. Dass größere Verwandtschaftsgruppen bereits in der Bandkeramik manchmal über mehrere Siedlungen verstreut wohnten, wurde erst kürzlich ausgehend von der Verteilung bestimmter Elemente der Keramikverzierung im Rheinland postuliert (KRAHN 2003). Mit der von Claßen durchgeführten sozialen Netzwerkanalyse der Bandkeramik im Rheinland wurde zum ersten Mal eine Datengrundlage für solche Fragestellungen erzeugt (ders. 2006, 358ff.; vgl. u. 4.3.3.1.2.). Allerdings konnten (bis jetzt) nur Beziehungen zwischen Siedlungen und nicht zwischen einzelnen Haushalten gezogen werden. Die für die Frage nach dem ‘lineage mode’ nötige Detailgenauigkeit wurde also noch nicht erreicht.

Für die Unterschiede zwischen den Siedlungen bei der Produktionssituation kann also zunächst weder der ‘lineage mode’ noch der ‘loose mode’ ausgeschlossen werden. Im Fall des Arnhofener Hornsteins wären vor diesem Hintergrund besonders siedlungsinterne Studien zu räumlichen Differenzierungsprozessen in den spätbandkeramischen und frühmittelneolithischen Plätzen Niederbayerns interessant. Es ist also noch zu klären, ob und wenn ja welcher der oben beschriebenen Aspekte der Arbeitsteiligkeit nach Van de Velde sich hinter dem von Zimmermann festgestellten Schema verbirgt (ders. 1995, 107). Danach besorgten einzelne Großsiedlungen (Zentralorte) den Rijckholt-Feuerstein direkt an der Gewinnungsstelle und versorgten ihre Nachbarn sowie weiter entfernt gelegene Orte dann im Tausch von Hand zu Hand. Der von Zimmermann aufgrund der zeitlichen Konstanz dieses Musters hervorgehobene erbliche Aspekt weist jedoch schon in Richtung des ‘lineage mode’ nach Van de Velde.

Abschließend zu diesen Überlegungen ist noch einmal auf die Frage einzugehen, welche Formen des arbeitsteiligen Wirtschaftens nach Van de Velde eine *Weiterentwicklung der Arbeitsteilung* zulassen. Wie erläutert, lässt nur das dauerhafte und beständige Erwirtschaften von Überschüssen die Entwicklung einer weitergehenden sozialen Arbeitsteilung mit unabhängigen Vollzeit-spezialisten zu. Überschüsse treten bei drei der vier beschriebenen Produktionsweisen auf ('domestic mode', 'lineage mode' und 'loose mode'). Im Rahmen des 'domestic mode' sind, wie oben beschrieben, nur unregelmäßig auftretende Überschüsse vorhanden – sie erfüllen damit nicht das Kriterium zeitlicher Stabilität und Verlässlichkeit, das es für weitere Vertiefungen der sozialen Arbeitsteilung bedarf. Beim Verwandtschaftsgruppen basierten Wirtschaften ist der Überschuss aber stets durch die Zahl der Beteiligten von vornherein in seinem Umfang begrenzt. Außerdem ist seine Verteilung auf die Mitglieder der Verwandtschaftsgruppe festgelegt. Der Kreis der Beteiligten ist also nur sehr begrenzt erweiterbar. Auch kann von Seiten der Produktionsorganisation und folglich des Produktionsausstoßes der Rahmen der Verwandtschaftsgruppe nicht überschritten werden, ohne dass das System in Widerspruch zu seiner Struktur gerät. Dieser Vorgang ist aber nur mit Zustimmung der (Mehrzahl der) Beteiligten möglich. Aufgrund dieser Einschränkungen bei Verteilung und Produktion besitzt das verwandtschaftsgruppenbasierte Wirtschaften nur ein geringes Potential zur Weiterentwicklung im gesuchten Sinn.

Ähnliches gilt für das überörtliche Wirtschaften. Versteht man dieses Konzept im Sinne des ursprünglichen Entwurfes von Godelier (ders. 1975, 16), sind auch hier Produktion wie Verteilung nur in sehr begrenztem Rahmen erweiterbar. Beide Male bilden verwandtschaftliche Bezüge die limitierenden Faktoren. Nach dem Verständnis von Van de Velde kann der 'supralocal mode' jedoch auch als dauerhafte Institution bestehen.

Bei der letzten zu erörternden Variante, dem 'loose mode', verhält es sich scheinbar etwas anders. Von Seiten der Produktion wie der Verteilung bestehen hier scheinbar keine Hinderungsgründe für eine stetige Ausweitung, die zu einem kontinuierlichen Übergang von einer kurzfristigen Nebentätigkeit zur überwiegenden Haupttätigkeit führt. Aber schon die Bildung der für diese Veränderung notwendigen Normen des Wirtschaftssystems sind in seinem Rahmen nicht möglich (s. o.). Bei genauerer Betrachtung stehen auch hier wiederum die Grundlagen des Systems im Widerspruch zu einer Weiterentwicklung. Die zeitweise Freistellung des Spezialisten erfolgt, weil er für die ganze Verwandtschaftsgruppe oder Siedlungsgemeinschaft tätig wird. Seine Tätigkeit kann sich also nicht gegen diese Gruppe richten, etwa indem er eine besondere Bezahlung fordert. Selbst bei einem weitgehend akzeptierten 'loose mode' besteht dann immer noch das Problem, wie es zu einer ausreichend großen Anzahl an Nachfragern kommt.

Es darf es sich auch nicht um eine Tätigkeit handeln, die durch einen natürlichen Zyklus bestimmt ist und deshalb nur saisonal betrieben werden kann wie etwa die Salzproduktion der Baruya (GODELIER 1973). In diesem Fall müsste während des übrigen Jahres wieder eine Instanz zur Versorgungssicherung eingreifen. Auch beim 'loose mode of production' ist daher eine Weiterentwicklung zu einer echten Vollzeitspezialisierung unwahrscheinlich.

Einen umfassenderen Theorieansatz zur *Entwicklung der Arbeitsteilung* entwickelten Brumfiel und Earle (dies. 1987). Damit lässt sich die Frage beantworten, wie kann es angesichts der skizzierten Probleme zu einer vollentwickelten Warenproduktion durch Handwerker kommen kann. Beim *abhängigen Vollzeitspezialisten* entfallen die oben vorgestellten Probleme weitgehend (BRUMFIEL/EARLE 1987, 5). Hier sichert ein Patron, ein Angehöriger der Aristokratie oder ein Herrscher, die Versorgung des Handwerkers mit Nahrung und Rohstoffen. Er schützt zugleich dessen Person gegen Dritte. Der Patron kontrolliert die Produktion und manchmal sogar die Person des Vollzeitspezialisten. Das Interesse des Patrons an dieser Beziehung ergibt sich aus dem Wunsch, die Produktion wichtiger Güter bzw. Waren vollständig zu kontrollieren. Das können sowohl Prestigeobjekte als auch Alltagsgüter sein. Im zweiten Fall handelt es sich in Regel um vor allem um Werkzeuge oder Waffen. Entscheidend ist, dass die Kontrolle der durch den Handwerker hergestellten Objekte zur Sicherung der Stellung des Patrons beiträgt. Die besondere Absicherung des Handwerkers durch den Patron beseitigt dabei alle Hindernisse, die die Existenz von unabhängigen Vollzeitspezialisten verhindert hätten (a. a. O.). So wird der Handwerker gegen ökonomische Fluktuationen vollständig abgesichert. Auch wenn nicht genügend Nachfrager für einen unabhängigen Vollzeitspezialisten vorhanden sind, ist der abhängige Handwerker davon nicht betroffen, denn er produziert nicht für einen Markt.

Es konnte sich also auch dort eine *Vollzeitspezialisierung* entwickeln, wo weder ein ausreichender Markt noch eine entsprechende Bevölkerungsdichte vorhanden war. Die Produktion von Nahrungsmitteln muss dafür nicht in das Stadium der Warenproduktion eingetreten sein. Der Patron erhält jene durch Tribute, die die Grundlage seiner Stellung als Aristokrat oder Herrscher bilden (a. a. O., 6). Oft wird gerade der Aspekt, dass militärisch-politische Macht (nicht nur) in entstehenden Hierarchien auf der Aneignung der wirtschaftlichen Überschüsse einer Gemeinschaft durch wenige beruht, in der archäologischen Forschung sträflich vernachlässigt.

Im Bereich der Normenentwicklung ist durch die Verbindung der Arbeitsteilung mit den Interessen der hierarchischen Autoritäten die Chance zur erfolgreichen Etablierung auch kontroverser Neuregelungen stark erhöht.

Schon die klassische Soziologie betonte die besondere Bedeutung von hierarchischen Strukturen für das Erreichen eines Grades der sozialen Arbeitsteilung, das mit Vollzeitspezialisten verbunden ist (vgl. DURKHEIM 1977, 221f. und 235f.). Die Beiträge im von Brumfiel und Earle herausgegebenen Sammelband legen nahe (dies. 1987), dass besonders die Entwicklung von hierarchischen Strukturen weltweit eine zentrale Rolle bei der Entstehung von Vollzeitspezialisten spielte. Besonders bei geringen Bevölkerungsdichten und/oder unentwickelter Warenproduktion dürfte das Phänomen der abhängigen Vollzeitspezialisten bei der Entwicklung sozialer Arbeitsteilung im Vordergrund gestanden haben.

Fragen der sozialen Arbeitsteilung sind auf grundlegendem Niveau zugleich Fragen zur Art des *Eigentums* an Produktionsmitteln, also an den Rohstoffen, ihren Quellen und den Mitteln zu ihrer Verarbeitung. An dieser Stelle ist also zu diskutieren, welche Formen des Eigentums bei den in Frage stehenden Gesellschaften auftraten. Man kann diese Frage natürlich niemals positiv historisch beantworten, das entbindet einen jedoch nicht davon, den Raum der möglichen Antworten einzugrenzen. Und hierbei helfen nur die verallgemeinernden Kulturwissenschaften, in erster Linie die Ethnologie.

Aus Sicht der modernen aufgeklärten westlichen Gesellschaft drängt sich zunächst die Frage ins Zentrum, ob es personalisiertes '*Privateigentum*' gegeben hat (vgl. SAHLINS 1974, 92f.). Die dahinter stehende Konzeption ist allerdings problematisch. Während bürgerliches Eigentum ein Recht über Produkte aus der Kontrolle ihrer Entstehungszusammenhänge begründet, wird in traditionellen vormodernen Gesellschaften in der Regel ein Recht an den Produkten aus der Kontrolle über die Produzenten abgeleitet (a. a. O.; WOLF 1997, 91ff.). Für den überwiegenden Bereich der ökonomischen Produktion und Reproduktion ist daher das moderne Konzept des Privateigentums wenig sinnvoll, da es sich in seiner westlichen Form um historisch Gewordenes handelt. Entgegen der unreflektierten Alltagsansicht, das (Privat-)Eigentum an Produktionsmitteln müsse es schon immer gegeben haben, es sei ein universelles Konzept, ist von wissenschaftlicher Seite entgegen zuhalten, dass dieses Verständnis von Eigentum keine kulturanthropologische Konstante ist.

Für eine klare Begrifflichkeit ist der *ethnologische Eigentumsbegriff* am besten geeignet (ROESSLER 1999, 154ff.), da er zur interkulturellen Erfassung höchst verschiedener Phänomene entworfen wurde, und somit auch für vergangene (prä-)historische Formen sinnvoll verwendbar ist. Eigentum wird definiert als die Art und Weise, in der die Menschen in einer Gesellschaft Rechte und Ansprüche auf (materielle und immaterielle) Ressourcen organisieren (a. a. O., 155).

Eine derartige Definition hat den Vorteil, die reale Grundlage des Phänomens Eigentum wieder sichtbar werden zu lassen. So werden die Machtbeziehungen zwischen den beteiligten Menschen sichtbar, die die Grundlage der Kontrolle von Produktionsmitteln bilden. Eine derartige Konzeption ist analytisch sinnvoll, denn sie erlaubt beispielsweise das Verständnis von Organisationsformen, bei denen die Ansprüche der Personen entsprechend ihrer Stellung in der Hierarchie oder der Verwandtschaftsorganisation geschichtet sind. In diesem Fall überlagern sich einzelne Rechte. Eigentumsrechte sind demnach nicht notwendigerweise Exklusivrechte wie im modernen Rechtsverständnis sondern Vorrechte mit absteigender Durchsetzungsmöglichkeit – und hier wird wieder die Machtkomponente sichtbar.

Rechte dieser Art basieren häufig nur auf *indirekten Beziehungen*, d. h. selbst die Existenz von Vorrechten der Führungspersonlichkeiten führt nicht dazu, dass Haushalte, die eine bestimmte Ressource nutzen, von dieser Nutzung ausgeschlossen werden (können). Die Durchsetzung geschichteter Vorrechte ist meist auch an einen bestimmten Rahmen gebunden. Wo das Prinzip ‘Verwandtschaft’ zugleich als zentrales strukturelles Konzept die Organisation einer Gesellschaft bestimmt (PEOPLES/BAILEYS 1994, 192f.; vgl. WOLF 1997, 90ff.), ist die Schichtung der Ansprüche aufs engste mit verwandtschaftlicher Nähe und Distanz verknüpft (a. a. O., 92). Die primären (Vor-)Rechte können schließlich so abstrakt sein, dass sie eigentlich nur noch ein ideelles Konzept darstellen, welches auf den praktischen Alltag keine Auswirkung mehr hat. Die Überführung solcher geschichteter Rechtskonstruktionen in eindeutige Exklusivrechte stellt übrigens häufig eines der zentralen gesellschaftlichen Konfliktfelder in solchen Gesellschaften dar (vgl. WOLF 1997, 247f.; vgl. ENGELS 1952 [1892], 262 Fußnote). Änderungen in der Verwandtschaftsorganisation und die damit verbundenen Änderungen von Vorrechten und Ansprüchen besitzen damit ebenfalls das Potential, Konflikte von manchmal sogar selbstzerstörerischem Umfang auszulösen.

Folgt man der klassischen *Soziologie* (DURKHEIM 1977), so könnte es sich bei der Verfolgung der Frage nach dem Vorhandensein bürgerlichen Privateigentums in der Vorgeschichte sogar um die Jagd nach einem Phantom, nach einer Projektion der Gegenwart in die Vergangenheit handeln (a. a. O., 233ff.). Läuft doch die Grundlage dieser Eigentumsform, die Ausdehnung des Individuums auf die Sache (a. a. O., 220), den Grundlagen der Solidaritätsform zuwider, die für den sozialen Zusammenhalt nichtstaatlicher Gesellschaften existentiell notwendig ist (a. a. O., 212ff.). Das sei beispielhaft erläutert: Sowohl das Anlegen und Bebauen der Felder, als auch das Hüten von (Rinder-)Herden und die Versorgung der Hirten kann nicht von Einzelnen bewerkstelligt werden, sondern Einzelne benötigen bei diesen Aktivitäten immer die Unterstützung mindestens einer ganzen Wirtschaftseinheit, sprich eines bäuerlichen Haushaltes.

Wer etwas privat eignet, schließt andere von Ansprüchen aus und kann deshalb im Problemfall auch nicht einfach Ansprüche an andere stellen. In dem Maße, wie andere von Nutzungsansprüchen ausgeschlossen werden, kann man auch nicht mehr an sie um solidarische Hilfe appellieren. Regelungen, die potentiell Einzelne im Problemfall alleine lassen, behindern aber die Reproduktion der Gesellschaft.

In verwandtschaftsbasierten Gesellschaften sind Eigentumsrechte meist keine exklusiven Ansprüche, sondern es handelt sich um *abgestufte Ansprüche*. Sie legitimieren unterschiedliche Ansprüche auf Produktionsmittel und Produkte, je nach dem Grad der verwandtschaftlichen bzw. sozialen Nähe mit dem Haushalt als unterste Ebene. Die möglichen Ansprüche und die im Gegenzug erwartete Solidarität befinden sich dabei zumeist in einer von den Beteiligten als symmetrisch angesehenen Beziehung.

Die *dialektische Beziehung* von Nutzungsanspruch und Hilfsappell spannt somit ein Kontinuum auf, an dessen einem Ende das kollektive und an dessen anderem das Privateigentum steht. Erst in dem Maß, wie es einem Individuum alleine möglich war, mit Hilfe des Haushaltes, dem er vorstand, alle zur Produktion und Reproduktion nötigen Aktivitäten selbst zu leisten, bestand daher die Möglichkeit etwa zur Entwicklung von Privateigentum an Ackerboden. Der Agrartechnologie und besonders der Entwicklung des Pfluges kommt in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung zu. Wenn jedoch parallel zu den technisch induzierten Veränderungen die Inhaber von zunächst eher abstrakten Vorrechten diesen Ansprüchen aufgrund innergesellschaftlicher Machtkonstellationen konkrete Wirksamkeit verleihen konnten, führte dies trotz gleicher technischer und natürlicher Voraussetzungen zu stark asymmetrischen Abhängigkeitsverhältnissen wie etwa in der Feudalgesellschaft.

Entwicklungen dieser Art sind aber für die Frage nach der alt- und mittelneolithischen Kontrolle von Rohstoffressourcen nicht anzunehmen, da es keinerlei Hinweise auf die Existenz kontrollmächtiger Oberschichten gibt. Vielmehr dürften die hier interessierenden Aspekte Regelungen betreffen, die bestimmten, wer verwandtschaftlich bzw. sozial als nah genug angesehen wurde, um ihm den Zugang zur Ressource zu gestatten und wie man mit Angehörigen von Gruppen verfuhr, die dieses Kriterium nicht erfüllten.

Wenn man daher anhand anderer Quellen einen Wandel bei der Verwandtschaftsorganisation vermuten kann, ist es demnach möglich dessen Art genauer einzugrenzen, indem man auf Veränderungen bei den Phänomenen achtet, die etwa mit der Frage des Ressourcenzugangs verbunden sind.

Nachdem die für die Fragestellung wichtigen theoretischen Konzepte beleuchtet wurden, steht noch ihre Operationalisierung für die vorliegenden bzw. weiter unten vorgestellten Daten aus.

Welche Eigenschaften sollten bei den Daten wie auftreten, um in die eine oder andere Richtung zu weisen? Welche Befunde zeigen auf welche Weise, wie weitergegeben wurde bzw. wie wer aktiv war?

Da hier keine flächendeckenden Daten zu den Eigenschaften der einzelnen Inventare mit Arnhofer Hornstein zur Verfügung stehen, kann *die Analyse nur auf dem Zusammenhang von Arnhofenanteil und der Entfernung zum Bergwerk aufgebaut werden*. Befunde zu den Eigenschaften einiger weniger Teilinventare (z. B. Überau) und Erkenntnisse anderer Arbeiten werden lediglich zur Unterstützung herangezogen. Es kann daher nicht wie bei Zimmermann beispielsweise auch der Anteil von Stücken mit Rinde interpoliert werden (vgl. ders. 1995, 78 Abb. 25). Für Alt- und Mittelneolithikum wird jeweils nur kurz ermittelt, welche Produktionsstadien in welchem räumlichen Bezug zum Gewinnungsort vertauscht wurden, also, ob Kerne oder Klingen (und Abschläge) weitergegeben wurden. Im Zentrum steht jedoch das Verhältnis zwischen Entfernung zu Anteil. Dazu bietet sich hier das seit Jahrzehnten in der englischsprachigen Forschung verwendete Konzept der ‘fall-off’-Kurven an (s. o. 4.1.1.). Die damit verbundenen Modelle ermöglichen die Beurteilung, ob und wenn ja welche Personen in welchem Maß von der Weitergabe profitierten. Die damit verknüpften Fragen, wer bewegte sich mit den Objekten des Tausches und von wo nach wohin, lassen sich nun mit rein archäologischen Ansätzen untersuchen.

Bevor genauer auf Analysemodelle für ‘fall-off’-Kurven eingegangen wird, ist ein relativ einfaches Konzept zur *Reichweite von Selbstversorgungsaktivitäten* vorzustellen. Von Bakels wurde dafür der Begriff ‘home range’ entwickelt (dies. 1978, 5ff.). Er bezeichnet den Umkreis um eine Siedlung, bis zu dem die Endverbraucher noch eventuelle Beschaffungsaktivitäten in ihr alltägliches Wirtschaften einbetten und sich frei ohne Kontrolle an der Quelle versorgen konnten. Betroffen sind vor allem Siedlungen im Nahbereich um eine Quelle bzw. im Umkehrschluss Areale, die von den Siedlungen aus leicht erreichbar waren. Bakels schlug dafür eine Entfernung von ca. 30 km bzw. das Entfernungsäquivalent von sechs Stunden Fußmarsch vor. Im archäologischen Einzelfall treten aber auch größere Distanzen auf. Petrequin et al. sieht das Auftreten von Beilplanken und Herstellungsabfällen aus Aphanit von der jungneolithischen Gewinnungsstelle Plancher-les-Mines in bis zu 50 km entfernten Siedlungen als Anzeichen einer direkten Selbstversorgung (PETREQUIN et al. 1993, 55). Die ‘home range’ von 30 km Umkreis ist also eine Annäherung, deren Größe im konkreten Fall auch etwas überschritten werden kann. Aber auch wesentlich kürzere Distanzen sind bei markanten geographischen Grenzen denkbar.

So spricht beispielsweise der vergleichsweise niedrig ausfallende Abschlaganteil beim Arnhofener Hornstein im nördlich der Donau gelegenen Hienheim (s. o. 3.2.2. Fn. 3.9.) entgegen der bisherigen Sicht von De Grooth gegen eine direkte Versorgung aus dem nur etwa 8 km entfernten, südlich der Donau gelegenen, Arnhofener Bergwerk (vgl. dies. 1994, 117). Die schnell fließende Donau stellt mit ihrem eingeschnittenen Bett an dieser Stelle allerdings eine beeindruckende Landmarke dar, die auch als Grenze wahrgenommen werden kann.

Je nach Zeit und Ort umfasste die neolithische 'home range' also einen Bereich zwischen 10 km und 50 km um die Siedlung. Traten markante Landschaftsmarken auf, war sie eher kleiner. Aus Quellen innerhalb dieses Radius versorgte man sich selbst direkt, oder ließ sich etwas mitbringen.

Unter dem Aspekt des Tauschens betrachtet, kommen bei solchen Aktivitäten als *Reziprozitätsformen* nur die generalisierte und die balanzierte in Frage. Schließlich war innerhalb der 'home range' jedem die Selbstversorgung zumindest prinzipiell möglich. Ungünstige Tauschbedingungen waren hier nicht durchsetzbar, sie hätten den Beteiligten als Affront gelten müssen. Die analytische Bedeutung der 'home range' liegt vor allem darin, dass bei einer Rohmaterialverbreitung über größere Entfernungen andere Versorgungssysteme ins Auge gefasst werden müssen. Und genau dies ist beim Arnhofener Hornstein über das gesamte Neolithikum hinweg der Fall. Wenn man erkennen kann, für welche Siedlungen eine Quelle noch innerhalb der 'home range' lag, oder wenn Siedlungen in gleichen Entfernungen Unterschiede zeigen, kann man immerhin eine vage Antwort auf die Frage geben, bis wohin Personen noch als sozial nah genug erachtet wurden, um ihnen Zugang zu gewähren.

Das Schlagwort *'fall-off'-Kurven* beschreibt Modelle zur Abhängigkeit zwischen dem Anteil eines Gutes an einem Inventar und der Entfernung zwischen dem Fundplatz des Inventars und der Quelle des Gutes. Sie wurden seit 1968 in allgemeiner Form von Renfrew entwickelt (RENFREW 1972, 465ff.; RENFREW und BAHN 1996, 352ff.; vgl. DE GROOTH 1994, 113). Dafür wurde dieser Zusammenhang in Form eines Graphen dargestellt, dessen X-Achse die Entfernung zur Quelle angab, während auf der Y-Achse der Prozentsatz des Gutes in den untersuchten Inventaren verzeichnet wurde. Aus hypothetischen Überlegungen leitete Renfrew ab, welcher Kurvenverlauf für welche Art der Weitergabe stand.

Implizit verband er dabei bereits Aussagen darüber, welche Beteiligten sich wie bewegten und welche Form der Reziprozität zur Anwendung kam.

Im Vorgriff auf die folgenden Ergebnisse werden hier vor allem zwei Weitergabearten im Detail dargestellt. Es handelt sich um den *Tausch von Hand zu Hand*, auf Englisch ‘*down the line exchange*’ (RENFREW 1972, 465f.; ders. 1977, 82ff.; RENFREW und BAHN 1996, 352ff.) und den ‘*directional trade*’, hier übersetzt mit ‘zielgerichtetem Handel’ (RENFREW 1972, 470f.).

Beim *Tausch von Hand zu Hand* erfolgt die Weitergabe ab der Gewinnungsstelle eines Silexrohmaterials stets von den Einwohnern einer Siedlung an die Einwohner einer mehr oder weniger nah benachbarten Siedlung (**Abb. 4.1**).

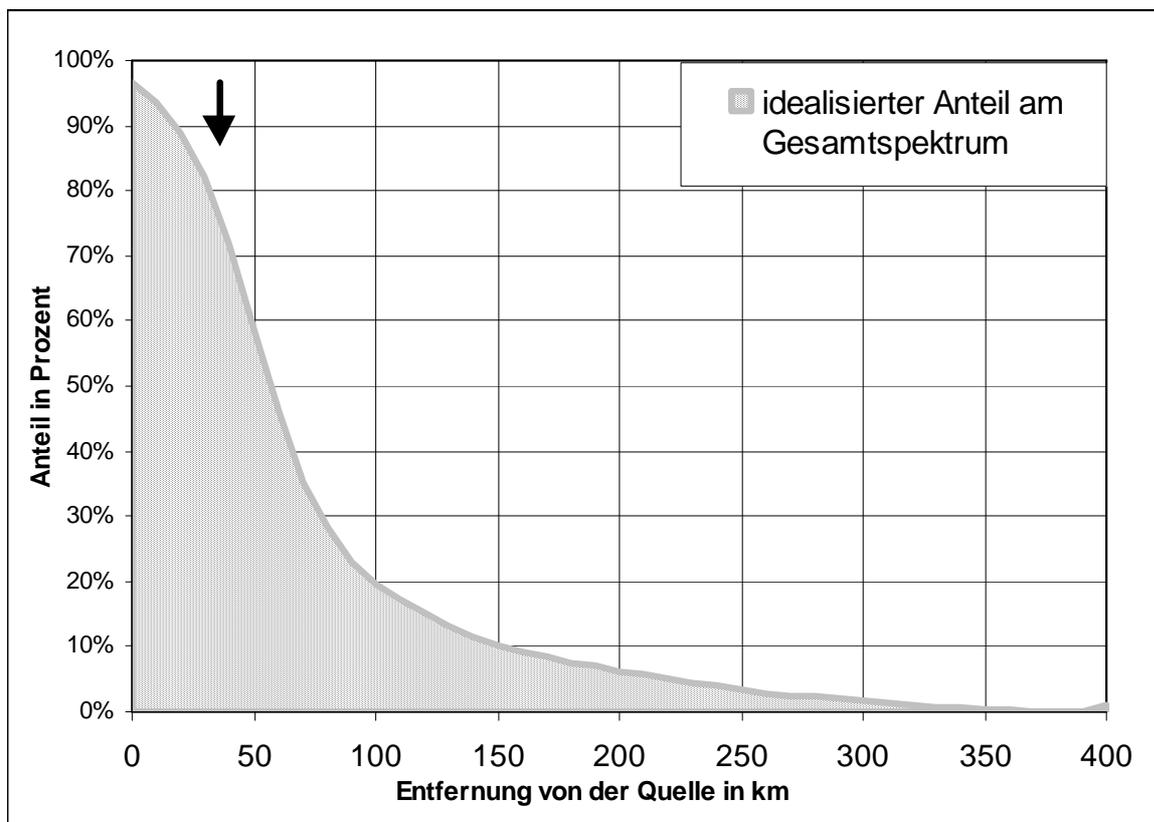


Abb. 4.1: Idealisierter Graph für den Tausch von Hand zu Hand (‘*down the line exchange*’). Der Anteil eines Gutes bzw. einer Ware in Siedlungen verringert sich logarithmisch mit zunehmender Entfernung von der Quelle (nach RENFREW 1972, 466 Fig. 20.9). Der Pfeil markiert die maximale Entfernung von Siedlungen, innerhalb deren ‘*home range*’ nach Bakels (dies. 1978, 5ff.) die Gewinnungsstelle liegt. Die auf X- und Y-Achse eingesetzten Größenordnungen sind dem hier untersuchten Phänomen angepasst. Zu beachten ist, dass selbst in großen Entfernungen immer noch geringe Anteile im Promillebereich auftreten können.

Die Beteiligten bewegen sich stets nur zu ihren unmittelbaren Tauschpartnern. Möchte man sich den Aufbau eines solchen Systems graphisch bzw. geographisch vorstellen, so ist hier am ehesten das Bild eines *Spinnennetzes* angebracht, bei dem zwar die Querfäden fehlen, aber die Knoten noch vorhanden sind.

Von der Quelle gehen zahlreiche Stränge aus, die sich u. U. weiter außen zusätzlich verzweigen. Die Knoten entsprechen den Siedlungen, die Fäden den Bewegungen der Akteure und der von ihnen transportierten Objekte. Die Beziehungen der benachbarten Stationen bilden aber nicht einfach ein strahlenförmig von Innen nach Aussen weisendes Muster. Die jeweiligen "Strahlen" können sich verzweigen oder zusammenlaufen. Die Metapher eines Netzes beschreibt dieses Beziehungsgeflecht so gut, dass man auch von einem Tauschnetzwerk sprechen kann.

Bei dieser Art der Weitergabe ergibt sich mit zunehmender Entfernung folgende *Entwicklung des Anteils*. In der Nahzone um die Quelle, nahe dem Zentrum des Netzes, nimmt der Anteil zunächst nur wenig ab, weil direkter Kontakt aller Siedlungen zur Quelle bzw. zu einer Siedlung in ihrer direkten Umgebung besteht. Dieses Beziehungsmuster führt zu einem in etwa linearen Rückgang des Anteils (RENFREW 1972, 466 Fig. 20.9). Außerhalb der Nahzone, in der sog. 'contact zone', ist die Entwicklung des Anteils besonders durch den jeweiligen Verbrauch bestimmt. Akteure geben nur einen Bruchteil der Menge weiter, die sie selbst erhalten haben, da sie ja zuvor davon ihren eigenen Bedarf decken müssen (RENFREW *et al.* 1968, 327; RENFREW 1972, 465f.; ders. 1977, 82ff.).

Diesen Zusammenhang kann man mit einer *Funktion modellieren*, in dem der Anteil, der eine nachgeordnete Siedlung erreicht, aus dem Anteil der vorgelagerten Siedlung mittels einer Exponentialgleichung errechnet wird, daher die Bezeichnung 'exponentieller' Zusammenhang. Ergänzend ist zu bemerken, dass ein weiterer Grund für die Abnahme des Anteils eines so weitergegebenen Gutes schlicht in der Geometrie des Raumes liegt. Stellt man sich konzentrische Kreise um eine Quelle vor und geht von einer überall ungefähr gleich dichten Besiedlung aus, so wenden sich stets tendenziell mehr als eine weiter außen gelegene Siedlung an eine näher an der Quelle liegende Siedlung. Was eine Siedlung weiterzugeben hat, verteilt sich also meist auf mehr als eine weitere mitversorgte Nachbarsiedlung. Bei stärker variierender Siedlungsdichte wie sie jetzt für Alt- und Mittelneolithikum belegt ist (zur LBK: ZIMMERMANN *et al.* 2004, 82ff; bzw. hier Abb. 4.8; zum Mittelneol.: LUCIFS Originaldaten, vgl. Abb. 4.23), könnte es demnach bei Hand-zu-Hand-Systemen auch zu Flaschenhalseffekten kommen, wenn der Kontakt zu einer Rohstoffregion nur durch wenige dazwischen liegende Siedlungen möglich ist. Diese stellten dann Stationen des Systems dar, die die einzige Quelle für ein ganzes "dahinter" liegendes Siedlungsgebiet bildeten. Um solche Fälle archäologisch zu erfassen, bedürfte es allerdings intensiver Erforschung sowohl der Randzonen von Siedlungsgebieten, als auch von Siedlungen in den dazwischen liegenden dünn besiedelten Landschaften.

Der Rohmaterialanteil nimmt also in den weiter außen liegenden Zonen des Hand-zu-Hand-Systems exponentiell ab. In Bereichen größerer Besiedlungsdichte und folglich höherer Zahl von Nachbarn bzw. Verbrauchern kommen neben den Beziehungen in Richtung Rohmaterialquelle noch Querverbindungen hinzu. Mit zunehmender Entfernung zur Quelle nehmen hier die weitergegebenen Mengen folglich noch schneller ab, als in dünner besiedelten Regionen. In diesen weisen die Beziehungen vermehrt zur Quelle hin bzw. von dieser weg. Dieses Beziehungsmuster zwischen Entfernung und Anteil entsteht durch zahlreiche, dem Umfang nach kleine Transaktionen (RENFREW 1972, 465).

Das Zustandekommen der *Tauschaktivitäten* basiert auf intensiven Kontakten zwischen den jeweiligen Partnern in der Tauschkette. Diese Kontakte werden über sehr lange Zeit aufrechterhalten. Im konkreten gesellschaftlichen Alltag kann man also von ständigen Nachbarschaftsbesuchen und kleinen Reisen ausgehen. Für die Weitergabe größerer Mengen können regelmäßige Treffen wie religiöse Feste eine wichtige Rolle spielen, aber auch Besuche anlässlich von Ereignissen in der Verwandtschaft wie Heiraten, Geburten und Sterbefälle sind hier bedeutsam. Besonders verwandtschaftliche Beziehungen, seien sie real oder fiktiv, bilden eine zentrale Legitimationsgrundlage der im Weitergabesystem verankerten balanzierten Reziprozität (vgl. PRICE 1978, 238f.). In jedem Fall ist die Weitergabe zumindest formal in andere soziale Aktivitäten eingebettet und steht 'offiziell' nicht im Vordergrund des Treffens.

Kurioserweise kann bei dieser Form des Tausches ein Rohmaterial noch in riesigen *Entfernungen* in geringen Mengen auftreten. Einige Beispiele sind bei Zimmermann aufgeführt (ders. 1995, 109). In anderen archäologischen Publikationen werden solche Phänomene irrtümlicherweise immer wieder als direkte Fernkontakte angesehen. Dagegen sollte man vielmehr von einem dichten Netz von indirekten Kontakten zwischen dem jeweiligen Fundplatz und der Rohstoffquelle ausgehen und nicht von einem direkten Fernkontakt. Das gilt besonders dann, wenn es zwischen dem Bereich um die Gewinnungsstelle und den entfernten Regionen mit den geringen Fundmengen keine Fundlücken gibt – also die bruchlose Kette von Weitergabestationen archäologisch belegt ist.

Bei erwiesenermaßen von Hand zu Hand weitergegebenen Materialien eignen sich deshalb 'exotische', von weit her stammende, *Silexrohmaterialien* besonders gut, um die Kommunikationsintensität zwischen Regionen zu untersuchen (vgl. ZIMMERMANN 1995, 109). Die Regelmäßigkeit des Auftretens (nicht die Menge!) dieser Silexrohmaterialien in den Siedlungen einer Region kann dabei als Indikator der Kommunikationsintensität sowohl zwischen diesen Siedlungen als auch zwischen der Untersuchungsregion und der Herkunftsregion des Rohmaterials gelten.

Wegen dieser Situation ist auch die Ansicht nicht haltbar, bereits die weiträumige Verbreitung der Produkte aus einem Rohmaterial belege (bei Gewinnung und Tausch) eine vollkommene Spezialisierung (vgl. REISCH 1974, 81).

Ein Tausch von Hand zu Hand ist in der Regel mit *generalisierter oder balanzierter Reziprozität* verbunden (DE GROOTH 1994, 114; ZIMMERMANN 1995, 107). In besonderen Fällen kann aber, wie Ericson zeigt (ders. 1981, 156ff. und 157 Plate 7-1), ein Hand-zu-Hand-System in größerer Entfernung von der Quelle auch zu negativer Reziprozität tendieren. Das passiert vor allem dann, wenn die nachgeordneten Stationen des Systems auf das getauschte Gut angewiesen sind und keine Ausweichmöglichkeit auf andere Tauschpartner besteht. In diesem Fall hat man aber das System schon im Stadium der Auflösung vor sich.

Bei den bisher zum Tausch von Hand zu Hand durchgeführten theoretischen Studien wurde ein wichtiger sozialer Aspekt speziell bei der Weitergabe von Silexrohmaterial übersehen, der ebenfalls Auswirkungen auf die Verbreitung eines Rohmaterials haben kann. Ab einer bestimmten Entfernung liegt ein Rohmaterial schließlich in einer Menge vor, die keinerlei *Versorgungsfunktion* mehr besitzt. Dann gewinnen die weitergegebenen Einzelstücke eine andere Qualität. Sie werden zum Symbol einer weitreichenden Kommunikation und Integration in die soziale Umwelt. Daher eignen sie sich umso mehr für ihre Rolle im balanzierten Tausch als symbolische materielle Manifestation einer sozialen Beziehung. Und diese Qualität wird umso größer, je weiter entfernt der Herkunftsort ist (s. u.). Solche Materialien werden also gerade weil sie von weiter her kommen bevorzugt in immer größere Entfernungen weitergegeben. Auf diese Weise gelangen schließlich Einzelstücke aus einem Rohmaterial in Regionen, die weit außerhalb der Gebiete liegen, in denen das Material noch zur Deckung des alltäglichen Bedarfs beitrug.

Derartige Weitergabesysteme sind häufig aber nicht ausschließlich mit einer mehr oder weniger egalitären *Gesellschaftsform* verbunden (PRICE 1978, 238). Meistens weisen sie eine vergleichsweise geringe Bevölkerungsdichte und relativ kleine soziopolitische Einheiten auf.

Die *charakteristischen Eigenschaften* eines Hand-zu-Hand-Systems erscheinen aus heutiger Sicht zunächst fremd und wenig sinnvoll. Es führt in der Tat besonders bei dynamischem Wirtschaften – vor allem bei Bedarfszunahme – zu Problemen für die am Rande gelegenen Teilnehmer. Je weiter ‘hinten’ eine Siedlung in der Reihe der Tauschpartner liegt, desto weniger Mengen erreichen sie, da die vorgelagerten Siedlungen den Großteil der im System weitergegebenen Güter verbrauchen und nur jeweils einen Bruchteil weitergeben.

Daher ist die Zahl derjenigen wichtig, die sich zunächst durch eigene Aktivitäten selbst versorgen. Sie bilden den Personenkreis, bei dem alle weiteren Tauschaktivitäten ihren Ursprung nehmen. Von ihrer Zahl hängt indirekt die Größe des Tauschsystems ab. Wächst die Bevölkerung schneller als die Kontakte zu diesem Personenkreis oder den vermittelnden Tauschpartnern intensiviert werden können, ergeben sich erste Versorgungsprobleme. Archäologisch entspräche eine solche Entwicklung einer Regionalisierung bei gleichzeitiger Zunahme der Bevölkerung. In diesem Fall ist ein Hand-zu-Hand-System ohne das Einschreiten regulierender Instanzen vom Zusammenbruch bedroht. Zu seiner Aufrechterhaltung müssten sich alle Beteiligten gleichermaßen auf dieselben Lösungen einigen, wobei einige davon zum Nachteil eines Teils der Akteure ausfielen, was solche Entwicklungen wenig wahrscheinlich macht.

Die *Stabilität* eines solchen Systems besitzt gewisse Schwachstellen. Bei Gesellschaften mit (relativ) flachen Hierarchien, wie sie für Alt- und Mittelneolithikum anzunehmen sind, ist es hochgradig unwahrscheinlich, dass es, einmal durch externe Veränderungen destabilisiert, wieder in einen stabilen Zustand kam und sein Zusammenbruch vermieden werden konnte. Price fasste diese Problematik so zusammen: “With additional population growth reciprocity<sup>4.4</sup>, unassisted by other institutions, begins to break down“ (dies. 1978, 239).

Ein Tausch von Hand zu Hand besitzt aus ökonomischer Sicht unter bestimmten Bedingungen aber auch klare *Vorteile* gegenüber anderen Arten der Bedarfsdeckung bei unterschiedlich verteilten Rohstoffen. Voraussetzungen sind sehr geringes Bevölkerungswachstum und ein Wirtschaften, dessen zentrales Ziel nur die Deckung des Bedarfes bei gleichzeitiger weitgehender Autonomie der Haushalte ist, also der ‘domestic mode of production‘ im Sinne von Sahlins (s.o.),

Verändern sich Bevölkerung und Abbau im gleichen Maß, bleibt der Umfang der ökonomischen Transaktionen der teilnehmenden Personen ungefähr gleich. Haben sie nach Bedarfsdeckung zudem kein Interesse an einer Intensivierung des Tausches, verändern sich auch die umgeschlagenen Mengen kaum.

---

<sup>4.4</sup> Mit “reciprocity“ meint Price hier den Tausch von Hand zu Hand mit balanzierter Reziprozität, für den im Englischen auch die Bezeichnung ‘reciprocity‘ verwendet wird (vgl. RENFREW/BAHN 1996, 352). Diese Begriffswahl ist an Polanyi orientiert (BURKE 1995, 70; vgl. ROESSLER 1998, 85f.), der darunter eine spezielle Weitergabeform mit ausgewogener Gegenseitigkeit verstand. Die Begrifflichkeit zum Thema Reziprozität ist daher besonders in der englischsprachigen Forschung manchmal missverständlich. Alle Bemerkungen in dieser Arbeit halten sich strikt an die oben in diesem Abschnitt vorgestellten Begriffsinhalte.

Die Nachteile treten also (zunächst) nicht hervor. Aber auch wenn die Kontakte entsprechend der Nachfragezunahme intensiviert werden, können sich *destabilisierende Effekte* ergeben.

So müssen die Stationen nahe der Quelle nun ein Vielfaches ihres eigenen Bedarfes beschaffen, um die an sie herangetragene Nachfrage der nachgelagerten Stationen zu decken. Denen gegenüber, die an der Quelle die Güter erzeugen, kann man sich nun nicht mehr auf die balanzierte Reziprozität berufen. Schließlich wird klar, dass es sich hier nicht mehr vornehmlich um eine Beziehung zwischen Erzeuger und freundschaftlich verbundenem Abnehmer handelt, sondern die Abnehmer vermittelnd für Dritte agieren. Beruft man sich nun auf die soziale Basis, die jeweils nur zwischen zwei direkten Tauschpartnern besteht und die balanzierte Reziprozität legitimiert, läuft man Gefahr, genau diese Grundlage zu verletzen. Der weit über dem Eigenbedarf liegende Tauschumfang beweist dem Partner ja, dass man die gemeinsame Beziehung für die Interessen Dritter missbraucht. Auf Dauer kann dies Konflikte erzeugen und schließlich bis zur Verweigerung eines weiteren Tausches führen. Die um die Erzeuger herum positionierten Akteure haben also gar kein Interesse, die an sie herangetragene Nachfrage über ein bestimmtes Maß hinaus weiterzuleiten.

Einige der *Vorteile* eines Hand-zu-Hand-Systems sind für die Beteiligten mehr oder weniger leicht erkennbar und waren ihnen sehr wahrscheinlich auch selbst bewusst. Es bedarf keines großen Aufwandes, um ein aus sehr großer Entfernung stammendes Gut zu erhalten (ERICSON 1981, 96ff. und plate 4-1; vgl. PRICE 1978, 239). Die Beteiligten müssen sich dafür jeweils nur zu ihren benachbarten Tauschpartnern bewegen. Sie erhalten Güter also mit einem Minimum an eigenem Aufwand und Reisezeit.

Ein Tausch von Hand zu Hand erhöht zudem die Sicherheit der Beteiligten, das gesuchte Gut zu erhalten (PRICE 1978, 239). Beinahe jeder kann irgendeine Art von Verwandtschaft, sei sie real oder selbst fiktiv, mit einem Angehörigen einer Nachbargruppe anführen, wenn mit dieser Gruppe über mehrere Generationen ein regelmäßiger Kontakt unterhalten wird. Vom Standpunkt einer möglichst gleichmäßigen Versorgung aller Beteiligten ist ein Hand-zu-Hand-System daher sehr effizient. Andere Vorteile treten erst bei einer analytisch-soziologischen Sichtweise hervor und dürften den Beteiligten nicht bewusst gewesen sein.

Ein solches System führt zu einem *ausgeglichenen Konsumumfang* zwischen den einzelnen Haushalten einer Gemeinschaft (a. a. O., 238), da man untereinander stets auf der Basis irgendeiner realen oder fiktiven Verwandtschaft um Unterstützung anfragen kann. Dieses Verhalten wird besonders von den ökonomisch schwächsten Gemeinschaftsmitgliedern gegenüber den stärksten praktiziert und ebnet so Ungleichheiten ein.

Das mit Ungleichheiten verbundene Konfliktpotential wird beseitigt, ohne dass zur Eindämmung der Konflikte spezielle soziale Institutionen geschaffen werden müssten.

Bei der *Krisenanfälligkeit* gilt: Ein System ist umso stabiler, je einfacher es ist (ERICSON 1981, 145ff.). Ein Hand-zu-Hand-System ist wenig anfällig gegenüber kurzfristigen Krisen, die in Gesellschaften auftreten, die keine oder nur flache Hierarchien besitzen. Solche Krisen sind in der Regel das Ergebnis einer unzureichenden Reproduktion der Gebrauchswerte einer Gesellschaft (MANDEL 1972, 4). Die nivellierenden Züge des Systems sorgen selbst in solchen Fällen für die gleichmäßige Verteilung des noch Vorhandenen und damit für die beste Chance, die Krise im nächsten Reproduktionszyklus zu überwinden. Dagegen stört ein starker Bevölkerungsrückgang im Zentrum des Systems oder in einer "Flaschenhalsregion" das Netzwerk der Tauschketten nachhaltig.

Ein weiterer Aspekt, der den Betroffenen sicher nicht in dieser Weise bewusst war, ist, dass die nivellierenden Faktoren auch Versorgungsungleichheiten zwischen den Nachbargruppen ausgleichen können (PRICE 1978, 239) und so auch zur Vermeidung von Gruppenkonflikten um die Kontrolle von Ressourcen beitragen.

Der Tausch von Hand zu Hand ist damit sowohl aus der Sicht der Beteiligten wie auch aus der des unbeteiligten analytischen Beobachters besonders bei Gesellschaften mit (sehr) flachen Hierarchien eine durchaus vorteilhafte Form der Organisation des Tausches.

Die von Renfrew ebenfalls modellierten Abhängigkeitsverhältnisse bei *freiem Handel durch Vollzeitspezialisten*, sog. 'free lance trade', und beim Austausch von Prestigeobjekten, sog. 'prestige chain', werden hier nicht im Detail vorgestellt. Einerseits zeigt die weitverbreitete Nutzung des Arnhoferer Hornsteins im alltäglichen Wirtschaften, dass eventuelle Prestigeaspekte an Bedeutung weit hinter der normalen wirtschaftlichen Funktion eines Silexrohmaterials als Verbrauchsgut des täglichen Bedarfs zurückstanden, also von Prestigegütertausch nicht die Rede sein kann.

Andererseits weist die Relation zwischen Entfernung und Anteil beim 'free lance trade' einen Verlauf auf (RENFREW 1972, 468f. und 469 Fig. 20.11), der, im Vorgriff auf die unten vorgestellten Ergebnisse, zum Verständnis der hier aufgefundenen Verhältnisse nicht notwendig ist. In diesem Fall nimmt der Anteil mit zunehmender Entfernung zuerst kaum ab. Das rührt daher, dass Händler ihre Kosten gegen ihren Gewinn abwägen, und in Entfernungen, deren Überbrückung ihre Gewinnmarge aufzehren würde nicht mehr aktiv werden. Orte, die außerhalb dieses Radius liegen, werden nicht mehr versorgt, als Folge nimmt ab diesem Entfernungslimit der Anteil dann exponentiell ab. Im Vorgriff auf die Auswertung kann bemerkt werden, dass dieser

Kurvenverlauf nicht einmal im Mittelneolithikum auftritt (s. u. 4.3.3.1.). Damit liegt ein stichhaltiges Argument gegen die Existenz von professionellen, also vollzeitspezialisierten, Hornsteinhändlern vor.

Während die Weitergabe von Hand zu Hand eher dem nicht kommerziellen Ende des Kontinuums nahe steht, das zu Beginn dieses Kapitels beschrieben wurde (s. o. 4.1.1.), ist die im Folgenden beschriebene Weitergabe eher dem anderen Ende des Kontinuums zuzuordnen. Es handelt sich um die Weitergabe im *zielgerichteten Handel*, wie der *'directional trade'* hier übersetzt wird (RENFREW 1972, 470f. und 471 Fig. 20.12; ders. 1977, 85ff. und 86 Fig. 5; **Abb. 4.2**).

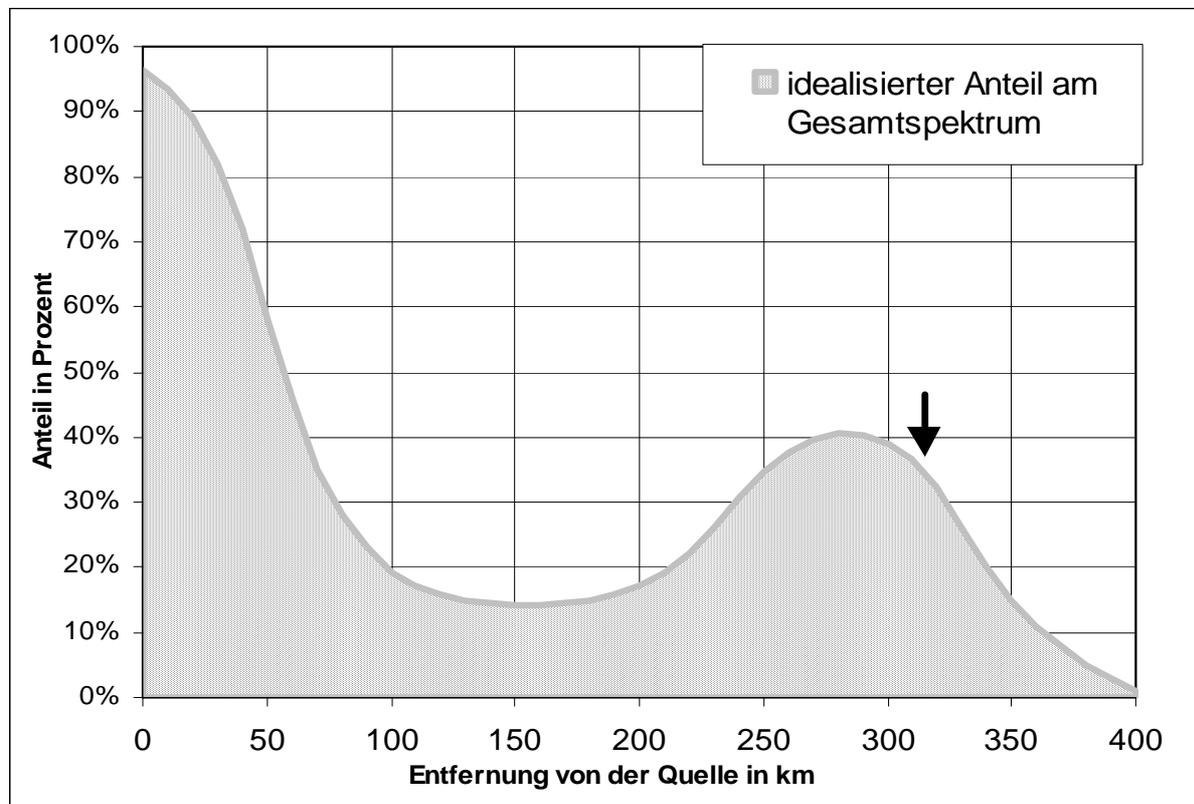


Abb. 4.2: Idealisierter Graph für (ziel)gerichteten Handel (*'directional trade'*). Der Anteil einer Ware in Siedlungen verringert sich zunächst logarithmisch mit zunehmender Entfernung von der Quelle, um dann in Regionen, die von Zentren oder dichter Besiedlung geprägt sind, nochmals deutlich zuzunehmen (nach RENFREW 1972, 470 fig. 20.12). Der Pfeil markiert die 'supply zone' (RENFREW und BAHN 1996, 355). Dabei handelt es sich um die Maximalreichweite für neolithische Expeditionen direkt zur Quelle. Die auf X- und Y-Achse eingesetzten Größenordnungen sind dem hier untersuchten Phänomen angepasst.

Dem ersten Eindruck, beim (ziel-)gerichteten Handel handle es sich um eine zentral gelenkte Aktivität, widerspricht ein genauerer Blick auf Renfrews Vorstellungen: "[...] nor need it be directed in the sense of being controlled by a single political organisation" (ders. 1972, 471).

Den gerichteten Handel beschreibt er folgendermaßen: “useful commodities are now transferred from the source preferentially to specific destinations, intermediate localities not preferentially favoured in this way, are less well supplied“ (ebd.). Daraus ergibt sich die dargestellte Relation zwischen Entfernung und Anteil. Zunächst gibt es wie beim Tausch von Hand zu Hand in der Umgebung der Quelle eine Region mit hohen Anteilen. Es schließt sich ein Bereich an, in dem sich die Anteile u. U. sogar exponentiell verringern. Das sind die Lokalitäten in den vermittelnden Regionen (‘intermediate localities‘), die von den Akteuren übergangen werden (‘not preferentially favoured‘).

Als *Charakteristikum* nimmt der Anteil dann in einiger Entfernung erneut stark zu, um im Anschluss daran schließlich bis zum völligen Aussetzen abzunehmen. Die so hervorgehobenen Regionen sind die bestimmten Zielorte (‘specific destinations‘), die die Akteure ansteuern, um dort ihre Ware (‘commodities‘) zu verkaufen. Getauscht werden nun überwiegend extra dafür hergestellte Dinge, also Waren.

Die ökonomischen Aktivitäten bilden bei dieser Weitergabeform eine *eigenständige Betätigung*. Sie sind nicht mehr wie beim Tausch von Hand zu Hand in Formen des sozialen Kontaktes eingebettet. Das Agieren wird fast ausschließlich von ökonomischen Interessen der Beteiligten geleitet.

Bei der Erörterung des Begriffes *Ware* wurde bereits darauf hingewiesen, dass die gleichen Gegenstände je nach beteiligten Transaktionspartnern eine unterschiedliche Behandlung erfahren können: Als Ware, wenn sie zwischen soziopolitischen Einheiten weitergegeben werden, als Gut, wenn sie innerhalb der Gruppe weitergegeben werden. Demnach können durchaus verschiedene Arten der Weitergabe gleichzeitig existieren, ja sogar die gleichen Gegenstände betreffen. Zielgerichteter Handel könnte beispielsweise mit einem Tausch von Hand zu Hand kombiniert sein, der seinen Ausgang dann bei den vom Handel angesteuerten Zielorten nimmt.

Es muss sich meiner Meinung nach dabei nicht ausschließlich um zentrale Orte in der Größenordnung von Städten handeln, wie Renfrew sie vermutet. Denkbar ist ja auch, dass in sehr dicht besiedelten Regionen so viele Abnehmer versammelt waren, dass sie einige Personen zu einer weiten Reise motivieren konnten. In diese Richtung weisen die Überlegungen von Chapman zur Obsidianversorgung der dicht besiedelten Regionen entlang der Donau während der Vinca-Kultur (ders. 1981, 80f.) sowie die von Cummins zur Verbreitung jungneolithischer Felssteinbeile in England (ders. 1974; ders. 1979).

Die *Herkunft der Akteure*, also ob sie aus der Quellenregion stammen, oder ob sie aus den Zentren kommen, die nachher wiederum ihre Zielorte bilden, ist durch das Modell nicht festgelegt. Beides ist denkbar.

Lediglich eine Herkunft aus anderen Regionen, zwischen Quelle und Zielorten oder von jenseits der Zielorte, ist hochgradig unwahrscheinlich. In diesem Fall würde sich das in einer Güterverteilung niederschlagen, die das beschriebene Verteilungsmuster verwischen würde. In flachen Hierarchien ist es aber unwahrscheinlich, dass Anwohner aus der Quellenregion solche Aktivitäten zum Wohle der Zielregion durchführten. Man kann daher plausiblerweise annehmen, dass der Transport der Waren durch Personen aus den Zielregionen durchgeführt wurde.

Diese Form der Weitergabe wird häufig mit Vollzeitspezialisten in Verbindung gebracht. Aber wie ethnohistorische Beispiele zeigen (vgl. GODELIER 1973, 208ff.), gibt es sie auch als *Teilzeitspezialisierung*. Godelier beschreibt, wie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bei den Baruya die Verteilung von Salz als Aktivität erfolgte, die mit ökonomischem Gewinnstreben verbunden war. Die Baruya sind ein Stamm in Papua-Neuguinea, der damals eine Wirtschaft mit überwiegend balanzierter Reziprozität praktizierte. Das gleichzeitige Auftreten verschiedener solcher Arten der Weitergabe innerhalb eines Wirtschaftssystems ist also möglich.

Nimmt man an, dass sonst als Bauern wirtschaftende Akteure nebenher in dieser Form aktiv werden, so ist der durch den bäuerlichen Jahreszyklus bestimmte Freizeitumfang der *limitierende Faktor* für die mögliche Dauer der Aktivitäten. Beispielsweise dürfen Reisen, die mit Handel verbunden sind, nicht länger dauern, als die bäuerliche Freizeit. Gleichzeitig unterscheidet sich das allgemeine Aktivitätsmuster strukturell nicht von dem eines anderen Bauern. Der eine Bauer nutzt die Zeit, die beim agrarischen Arbeitszyklus frei bleibt, indem er beispielsweise auf die Winterjagd geht, ein Haus baut, Verwandte besucht o.ä.. Der Andere unternimmt währenddessen eine Reise, an deren jeweiligen Endpunkten er Waren vertauscht. Auf diese Weise könnte ein zielgerichteter Handel so in bestehende Strukturen eingefügt werden, dass die von den Beteiligten wahrgenommenen Veränderungen auf ein Minimum reduziert wären.

Selbst wenn damit keine dauerhaft vollständig arbeitsteilige Form des Tausches vorliegt, so sind nun aber einige wenige Personen verantwortlich für die Versorgung vieler anderer. Die Arbeitsteiligkeit ist also höher als bei einem Hand-zu-Hand-System. In der Regel ist zielgerichteter Handel mit Gesellschaftsformen verknüpft, die in ihrer Organisation hierarchischere Züge tragen, als solche Gesellschaften, die den Tausch überwiegend von Hand zu Hand abwickeln (PRICE 1978, 239f.).

Ein weiterer wichtiger wirtschaftstheoretischer Aspekt ist, dass bei dieser Form des Handels *keine Märkte* existieren, auf denen sich anonyme Tauschpartner treffen, um zu interagieren (RENFREW 1972, 470f.). In der originalen Konzeption Renfrews agieren die Händler als Emisäre ihrer heimatlichen Autorität. Diese übernimmt die Verteilung der heimgebrachten Waren.

Ein Blick in die Ethnologie zeigt (SAHLINS 1974, 298ff.), dass auch bei nicht hierarchischen Gesellschaften die teilzeitspezialisierten Akteure keine Märkte aufsuchen. Sowohl am Zielort wie in der Heimat sind die Kontakte der ökonomischen Akteure kanalisiert, d.h. es treffen sich Handelspartner die meist langjährige oder sogar vererbte Partnerschaften aufbauen (a. a. O., 313). Sahlins betont an dieser Stelle: "Markets properly so called, competitive and price fixing, are universally absent from primitive society" (a. a. O., 301).

Das *Preisniveau*, oder besser die Tauschrate, orientiert sich nicht kurzfristig an Angebot und Nachfrage. Nur auf lange Frist – in der Größenordnung von Jahrzehnten oder Menschenleben – existiert die Tendenz (!), dass Tauschraten dieses Verhältnis von benötigten zu tatsächlich produzierten und verteilten Waren widerspiegeln (a. a. O., 313).

Die folgende Aussage sei betont: *Wenn hier von Handel die Rede ist, wird damit ausgesagt, dass hinter den Aktivitäten vornehmlich ökonomische Motive stehen und von den Akteuren Gewinne in einer Höhe angestrebt werden, die ihnen im Rahmen der Werte und Normen möglich sind, welche in ihrer Gesellschaft für das Wirtschaften gelten. Es wird nicht behauptet, diese Art der Weitergabe sei mit der Existenz von Vollzeitspezialisten im Handel verbunden oder die Gewinnmaximierung sei maßlos und könne daher durch Rückwirkungen auf andere gesellschaftliche Bereiche die allgemeinen Regeln des Wirtschaftssystems verändern.*

Im Zusammenhang mit den bei solchen Weitergabesystemen überwundenen *Entfernungen* ist ein weiteres Konzept interessant, das Renfrew für seine Obsidianstudien im Nahen Osten entwarf (RENFREW *et al.* 1968, 329). Die sog. 'supply zone' ist eigentlich mit dem Tausch von Hand zu Hand verbunden und bezeichnet dort die maximale Distanz, die bei Selbstversorgungsexpeditionen zurückgelegt wurde. In Anatolien legte man dabei Entfernungen bis zu 320 km zurück (RENFREW und BAHN 1996, 355).

Dies steht scheinbar im gewissen Gegensatz zur oben vorgestellten 'home range'. Allerdings handelt es sich bei der 'supply zone' nicht um alltägliche Aktivitäten, sondern um besondere, außergewöhnliche Unternehmungen. Zudem ist damit nicht gesagt, dass die Reisenden die Quelle frei nutzen konnten. Bei diesen Aktivitäten ist die überwindbare Entfernung eine Funktion der Reisezeit. Wenn sonst keine einschränkenden Faktoren wie Territorialität oder mangelnde (Rechts-)Sicherheit etc. vorliegen, konnte man alle Reisen tätigen, für die einem das bäuerliche Wirtschaften Zeit ließ. Da sowohl bei dem hier diskutierten anatolischen als auch dem mitteleuropäischen Fall nur Menschen als Träger in Frage kommen, sind die einzigen gewichtigen Unterschiede die jeweiligen landschaftlichen Besonderheiten – die Größenordnung der Entfernung dürfte aber grundsätzlich ungefähr gleich sein.

Betrachtet man einen (ziel-)gerichteten Handel, der nicht von Spezialisten ausgeführt wurde, noch einmal unter diesem Aspekt, so ergibt sich grundsätzlich die gleiche Einschränkung. Jemand der nicht als Vollzeitspezialist Handel betrieb, war bei seinen Reisen von den erörterten limitierenden Faktoren in Bezug auf die Dauer der möglichen (Handels-)Reisen betroffen.

*Zielgerichteter Handel* weist gegenüber einem Hand-zu-Hand-System auch einige *Nachteile* auf, obwohl er eine vermeintlich fortschrittlichere Organisationsform darstellt. Ein bedeutender Schwachpunkt ist seine wesentlich geringere Stabilität (vgl. o.). Es muss beispielsweise dauerhaft möglich sein, lange Reisen ohne Sicherheitsprobleme zu bewältigen. Ist etwa die rechtliche Stellung von Ortsfremden unklar, könnte bei einer Reise durch (dicht) besiedelte Gebiete bei jeder Rast in einer fremden Siedlung oder auf deren Territorium ein Konflikt ausbrechen.

Das gleiche Konfliktpotential tut sich auf, wenn es verschiedene Normen und Regeln zum Besitz von Überschüssen gibt. So besitzt ein Reisender, der mit seinem Transport zahlreiche weitere Haushalte versorgen will, ein Vielfaches von dem, was er selbst verbrauchen kann. Hier sind Normen von Nöten, die den Besitz einer 'unverhältnismäßig' großen Gütermenge zulassen bzw. nicht sanktionieren. Ein anderes Problem liegt darin, dass die Versorgung größerer Regionen nur durch die Aktivitäten weniger gewährleistet wird. Sind sie aus irgendeinem Grund verhindert, entsteht eine Versorgungskrise.

Ein weiterer Punkt sind die Auswirkungen von Ereignissen, die bei einem Hand-zu-Hand-System kaum Probleme bereiten, hier aber existenzbedrohend werden. Bereits gelegentlich auftretende lokale Konflikte stellen große Gefährdungen dar. Sie können bis zum vollständigen Zusammenbruch des Systems führen, wenn die Zentralregion davon betroffen ist. Aber auch Konflikte in einer Durchgangsregion haben negative Auswirkungen auf diejenigen, die diese Passage nutzen und damit auf die gesamte Region, die an dieser Versorgungsroute hängt.

Schließlich muss die Beziehung zwischen dem Reisenden und seinem Partner vor Ort stabil sein. Weigert sich der Partner aus irgendwelchen Gründen, in Tauschkontakte einzutreten, besteht die Gefahr, dass die Reise umsonst war – wenn sich kein Ersatzpartner finden lässt.

Der Anfälligkeit des Systems stehen aber im Vergleich zum Tausch von Hand zu Hand auch entscheidende *Vorteile* gegenüber. Der auffälligste Unterschied ist zunächst die Flexibilität gegenüber quantitativen Veränderungen beim Bedarf. In einem Hand-zu-Hand-System führt eine zeitweilige Verringerung des Bedarfs dazu, dass die vorgelagerten Stationen sich selbst nur noch den Eigenbedarf beschaffen und später, bei einer erneuten Zunahme des Bedarfs, zunächst nicht reagieren können.

Beim zielgerichteten Handel wird in so einem Fall einfach die Handelsaktivität ausgesetzt und später wieder aufgenommen. Wächst der Bedarf, so intensiviert man die Aktivitäten. Beides kann weitgehend ohne Verzögerungen erfolgen. Das System besitzt also die Möglichkeit, auf dynamische Entwicklungen besser und schneller reagieren zu können.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, entfernt gelegene Quellen von qualitativem Rohmaterial 'direkt' nutzen zu können. Beim Hand-zu-Hand-Tausch erreicht die am Rand des Systems gelegenen Teilnehmer wegen des bevorzugten Verbrauchs des qualitativvolleren Rohmaterials in den vorgelagerten Siedlungen eine geringere Menge an potentiell minderwertigem Material.

Zusammengefasst stehen sich mit dem Tausch von Hand zu Hand und dem zielgerichteten Handel eine stabile, effiziente aber unflexible Variante und eine dynamischere, potente aber anfälliger Variante des Tausches gegenüber.

Schließlich erlauben Aktivitäten im zielgerichteten Handel dem Einzelnen bzw. einzelnen Haushaltsgemeinschaften größere *ökonomische Spielräume* bei der Ansammlung und Kontrolle von materiellen Überschüssen sowie bei der Selbstpräsentation.

Es sei an dieser Stelle bemerkt, dass durch den *Faktor des Verbrauchs* der vorgelagerten Teilnehmer jedem Hand-zu-Hand-System seine ökonomisch effektiven Grenzen vorgegeben sind. Verändern bzw. erweitern sich bei einem System, das zunächst auf Hand-zu-Hand-Verbindungen aufgebaut war, die ökonomisch bedeutsamen Grenzen entscheidend, ohne dass technische Veränderungen im Transportwesen oder veränderte Verbrauchsmuster ersichtlich sind, weist dies auf eine Systemveränderung zu anderen Arten der Weitergabe hin.

Auch in Gemeinschaften, deren ökonomisches Ideal der autonom wirtschaftende Haushalt ist (SAHLINS 1974, 68), gibt es die Möglichkeit, kurzfristig ökonomische Aktivitäten zu intensivieren. Allerdings können Aktivitäten wie ein gelegentlich durchgeführter zielgerichteter Handel nicht über ein bestimmtes Maß hinaus intensiviert werden. Man stellt sonst die normativen und organisatorischen Grundlagen des alltäglichen ökonomischen Agierens in Frage (s.o.).

Zur *Entwicklung* und zum Umfang eines auf zielgerichtetem Handel basierenden Tauschnetzwerkes gibt es Erkenntnisse aus der (historischen) Ethnologie. So konnte Sahlins zeigen (ders. 1974, 294), dass Handelsnetzwerke mit zielgerichtetem Handel dazu tendierten, immer weitere Gemeinschaften einzubeziehen und damit die Tendenz hatten, zu wachsen. Und dabei wurden bevorzugt 'exotische' – also weit entfernte – Gemeinschaften einbezogen. Diese Tendenz zu wachsen war aber zugleich mit einer Begrenzung durch ökologische Faktoren verbunden. Sobald marginale ökologische Zonen überwunden werden mussten, um eine weitere Region einzubeziehen, machte das diese Vergrößerung für die Bewohner am bisherigen Rand des Austauschsystems zunehmend unattraktiv.

Sie nahmen zwar noch intensiv teil, konnten aber das Netzwerk nicht mehr aus eigener Kraft über die nächste marginale ökologische Zone ausdehnen, wenn sie nicht dauerhaft einen verlustreichen Tausch akzeptierten. Für die wirtschaftsgeschichtliche archäologische Forschung bedeutet dies, dass Größe und Reichweite von Tauschnetzwerken dieser Art in hohem Maß von drei gut untersuchbaren Eigenschaften abhängen, nämlich der Existenz besonderer Ressourcen, der Besiedlungsdichte und der Lage schwer passierbarer Regionen.

Versucht man *wirtschaftshistorische Prozesse* wie den Übergang zwischen Tauschsystemen kulturgeschichtlich zu beurteilen, sind sowohl die Entscheidungsmotive auf der Ebene der Handelnden als auch die Frage des Überganges vom einen zum anderen Tauschsystem zu berücksichtigen. Erkennt man als Akteur die Effekte, die mit einer veränderten Praxis einhergehen? Und wenn ja, welche? Hier ist besonders auf die beiden Faktoren des vorgelagerten Verbrauchs und des schwankenden Bedarfes hinzuweisen. Die Möglichkeit, effektiv darauf reagieren zu können, liegt auf der Hand. Entscheidend ist, dass es nicht bzw. nicht mehr so stark wie zuvor reglementiert ist, ob die Gesellschaft beispielsweise Individuen oder einzelnen Haushalten ein hervorgehobenes Auftreten zugesteht. Vermutet man Veränderungen vom einen zum anderen Weitergabesystem, so ist zu überprüfen, ob sich in anderen gesellschaftlichen Bereichen Hinweise auf parallel erfolgte soziale Veränderungen finden lassen.

Für die Betrachtung des Übergangs eines Hand-zu-Hand-Systems in eine andere Form ist eine Annahme von Ericson interessant (1981, 155f.). Er nimmt die natürliche Entwicklung von einem einfachen lokalen zu einem komplexen überregionalen System an. Treibende Kraft sei das *Bevölkerungswachstum* (a. a. O., 168). Auch Price hält Bevölkerungswachstum für einen entscheidenden Kausalfaktor bei der Entstehung negativreziproker Systeme (dies. 1979). Wenn ein System erst einmal zu wachsen begonnen habe, so Ericson, sei ein sich selbst verstärkender Prozess in Gang gesetzt worden (ders., 155). Eine erste Nachfragezunahme löse eine erste Intensivierung aus, und das Tauschnetzwerk, in dem nun immer mehr Güter zirkulieren, ziehe stetig Dritte an, die daran teilnehmen möchten. Das Wachstum des Tauschsystems erfordert nun eine Organisationsform, die mit diesen dynamischen Entwicklungen mithalten kann. Der Tausch von Hand zu Hand kann diese Anforderungen jedenfalls nicht mehr bewältigen.

Bei der Frage nach der *Motivation* einzelner Teilnehmer eines zielgerichteten Handels für lange gefährvolle Reisen in fremde Länder sind nicht nur materielle Aspekte zu berücksichtigen. Es spielen auch Faktoren eine Rolle, die bei einer rein materialistischen bzw. aktualistischen Sicht der Dinge übersehen würden.

In ihrer Studie zur Wahrnehmung und *Bedeutung von Distanz und Fremdheit* konnte Mary Helms zeigen (dies. 1988), dass bei vormodernen Gesellschaften in der Regel komplexe Konzepte zum Umgang mit geographischer Distanz sowie mit Personen und Gütern aus fernen Regionen bestehen. Geographische, also horizontale Distanz wird dabei mit symbolisch/esoterischer ‚vertikaler‘ Distanz assoziiert.

*Das Ferne* ist das Nichtalltägliche, das Nichtmenschliche, mithin also das Übernatürliche und Magische. Das führt aber nicht zur Vermeidung solcher Kontakte, im Gegenteil: Das Reisen in ferne Länder erlaubt den Erwerb von esoterischem Wissen (a. a. O., 67 und 72), mit dem man in der Heimat soziopolitische Macht erwerben und legitimieren kann. Dies kann soweit gehen, dass Reisen in ferne Länder für politisch und/oder religiöse (Teilzeit-)Spezialisten sogar verpflichtend sind, um ihre Stellung zu erwerben oder zu legitimieren (a. a. O., 80ff.). Dahinter steht die Ansicht, Entfernung sei physisch und/oder spirituell gefährlich, da sie nur mit Erfahrung, Kenntnis und großen Fähigkeiten überhaupt überwunden werden könne. Dem Besucher ferner Regionen werden daher von seinen Mitmenschen Eigenschaften zugeschrieben, die ihm Zuhause Ansehen einbringen. Das kann soweit gehen, dass man ihn wegen dieser Fähigkeiten fürchtet.

In traditionellen Gesellschaften gelte, so Helms (dies. 1988, 33ff.), aufgrund der Gleichsetzung der geographischen, horizontalen Entfernung zwischen Orten mit der symbolischen, vertikalen Distanz zwischen dem *Alltäglichen und dem Übernatürlichen*, sowohl für entfernte Orte, als auch für Personen und Gegenstände von dort folgende Beziehung: Je größer die Entfernung, für desto übernatürlicher und magischer hält man Menschen und Dinge von dort. Wenn solche Konzepte vorherrschen, werden umgekehrt auch Reisende aus der Ferne als besondere Personen angesehen, deren Fähigkeiten und Wissen man durch Kontakt mit ihnen zu erlangen sucht (a. a. O., 83 und 172ff.). Dieser Aspekt wird besonders gut durch die als Extremfall anzusehenden Erstkontakte zwischen Europäern und außereuropäischen Gemeinschaften deutlich, bei denen die Kolonialisten zunächst meist mit einer Mischung aus Neugier und Angst behandelt wurden.

Das Beispiel des Navajo-Fernhandels ist vor diesem Hintergrund besonders interessant (a. a. O., 83ff.). Dabei sind Aktivitäten, die man sowohl nach den oben skizzierten wirtschaftsethnologischen Konzepten als nach ihren archäologischen Hinterlassenschaften als gewinnorientierten Handel einstufen würde, zumindest zum Teil durch rein immaterielle Ziele wie den Erwerb von religiösem Wissen motiviert (a. a. O., 95f. und 110).

Die Klassifizierung von Kenntnissen als *religiöses Wissen* darf nicht darüber hinweg täuschen, dass es in traditionellen Gesellschaften gerade dieses Wissen ist, das ein vollständigeres Verständnis der Welt und damit ein erfolgreicherer Leben in dieser Welt verspricht.

In traditionellen, vormodernen Gesellschaften, bei denen der Ablauf der Welt nicht von den Naturgesetzen, sondern vom Wohl und Wehe übernatürlicher Wesen abhängt, ist Wissen über die Welt zugleich religiöses Wissen und umgekehrt. Der Bau eines Hauses, die Anlage eines Brunnens oder Schachtes, ja selbst das Fällen eines Baumes oder das Töten eines Tieres erfordert von Menschen aus solchen Gesellschaften stets Wissen, das nach moderner Klassifikation aufgeteilt und in die disparaten Kategorien Technik und Religion eingeordnet würde. Eine derartige Unterteilung ist zwar wissenschaftlich sinnvoll und notwendig, am Ende der Auseinandersetzung mit solchen Gesellschaften muss aber wieder das Zusammenführen dieser Teile stehen.

Helms verweist auch auf Konzepte, die nicht direkt auf die aktiven Personen bezogen sind (dies., 114ff.). *Gegenstände*, die aus großer Entfernung stammen gelten schon per se als besonders, einzigartig, mit außerordentlichen Vorzügen versehen und manchmal sogar als mit magischen Fähigkeiten ausgestattet. Wenn es nun noch außerordentlicher Kenntnisse bedarf, um solche Dinge herzustellen, dann werden sie nur um so mehr mit diesen Eigenschaften verbunden (a. a. O., 119). Damit sind sie in den Augen ihrer Besitzer beinahe automatisch jeder lokalen Konkurrenz überlegen. Auch Gegenstände, die nach der hier genutzten Terminologie als Waren bezeichnet werden, können solche Eigenschaften annehmen.

In ihrer Darstellung zählt Helms eine ganze Reihe von (ethno-)historischen Fernhandelskontakten auf (HELMS 1988, 118ff.), die zeigen, dass das Motiv der Akteure manchmal sogar überwiegend der Erwerb der als besonders erachteten Objekte ist, und nicht der ökonomische Gewinn, der sich durch die Reise erzielen lässt.

Diese theoretischen Ausführungen sollten zeigen, dass auch bei Formen, die man analytisch einer negativreziproken Form des Fernhandels zuweisen würde, eine ganze Reihe von Faktoren existieren, die sich nicht mit den hier benutzten Wertkonzepten verbinden lassen. Außer Frage steht, dass diese Faktoren keine archäologischen Spuren hinterlassen bzw. nur hypothetisch mit den archäologischen Quellen verbunden werden können. Dennoch seien hier einmal rein hypothetisch neolithische Phänomene genannt, die man mit den Ausführungen zur Wertschätzung von Gegenständen aus großen Entfernungen verbinden könnte.

Zunächst ist an Silex zu denken, der im Untertagebergbau gewonnen wurde, und unter Umständen über große Entfernungen weitergegeben wurde. Bedurfte es doch zusätzlich noch speziellen Wissens, um das Material aus den Tiefen der Erde heben.

Ein weiteres Beispiel sind die in der Bandkeramik geschätzten mediterranen Schmuckschnecken (*Spondylus gaedoropus*). Sie wurden aus mehreren hundert Kilometern Entfernung nach Mitteleuropa gebracht, wo man aus ihnen Gürtelschließen und Schmuckobjekte verschiedener Form herstellte (GERKEN/LÜNING 2005).

Aber auch alle Arten von Objekten aus Bernstein im neolithischen Mitteleuropa sind hier zu nennen (a. a. O.).

Bevor dieser Abschnitt schließt, ist noch etwas zur Verbindung von quantitativer Forschung und *Theorie* anzumerken. Die Betrachtung langfristiger historischer Entwicklungen kann ohne die Berücksichtigung von Quantitäten weder deren Ursachen noch deren Auswirkungen angemessen erfassen. Allgemein muss man davon ausgehen, dass größere quantitative Veränderungen eines Systems stets Folgen für die Funktion und damit letztlich für den Aufbau des betroffenen Systems haben (McGUIRRE 1992, 97). Die Veränderung von Quantitäten erfordert stets Praktiken, um mit diesen Änderungen umzugehen. Überschreiten die Quantitäten dabei die Kapazitäten der bisherigen Praktiken, ist das soziale System zu Änderungen gezwungen: Quantität schlägt in Qualität um. Eine quantitativ arbeitende Archäologie ist in der günstigen Lage, sowohl Ursachen, als auch Wirkungsweisen und Ergebnisse dieser Entwicklungen aufspüren zu können. Wenn man die Beobachtungen feinchronologisch gliedern kann, lassen sich sogar die Größenordnungen der Quantitäten bestimmen, ab denen kritische Situationen zu Veränderungen führten.

Dieser Abschnitt (4.1.3.) war der Beschreibung der Diskussion theoretischer Begriffe, Konzepte und Modellvorstellungen gewidmet. Die Erläuterung der Theorie des vormodernen Wirtschaftens und speziell des Tauschens sollten zugleich zeigen, welche Inhalte mit den archäologischen Daten verbunden werden können. Die nächsten beiden Teilkapitel 4.2. und 4.3. sind der Umsetzung dieses Ansatzes gewidmet.

## 4.2. Hornstein-Weitergabe während der Linearbandkeramik

### 4.2.1. Datengrundlage

Zu Beginn dieses wie des nächsten Teilkapitels wird zunächst auf die Datengrundlage eingegangen, aus der die Isolinienkarten für die Anteile des Arnhofener Hornsteins berechnet wurden. Die zentralen Punkte dieses Abschnittes sind daher der Forschungsstand und die Lage der hier verwendeten Fundplätze zueinander. Daraus ergeben sich außerdem erste Zwischenergebnisse zu Reichweite und Umfang der Weitergabe.

Für die Untersuchung der altneolithischen Verbreitung des Arnhofener Hornsteins wurden vor allem Inventare der mittleren bis jüngsten Bandkeramik herangezogen (5200 v. Chr. bis 4950 v. Chr.). Aber auch Fundplätze, die durchgehend vom frühen Altneolithikum an besiedelt waren, gingen in die Datenerfassung ein. Nur zweimal wurden überwiegend ältestbandkeramische Plätze erfasst (Nr. 44 Strögen und Nr. 25 Mintraching). Dies geschah, um möglichst *alle* bisher (Stand 08/2006) publizierten Daten einzubeziehen. Ohne Strögen wäre die Lücke im Südosten der Fundpunktverteilung noch größer ausgefallen. Der Prozentwert von Mintraching findet im benachbarten Fundplatz Niedertraubling (Nr. 5) eine Entsprechung, was seine Einbeziehung rechtfertigt.

In keinem Fall wurde bewusst ein Gräberfeld einbezogen. Allerdings ist bei einem Oberflächenfundplatz nicht völlig auszuschließen, dass es sich um ein Gräberfeld handelt. Durch eine solche Einbeziehung könnte eine Verzerrung auftreten, da Arnhofener in der Bandkeramik in Gräbern deutlich überrepräsentiert ist. Dies zeigen zwei Plätze in unterschiedlicher Entfernung von Bergwerk. Im Gräberfeld von Aiterhofen bei Straubing bestehen die Silices "zum größten Teil aus Arnhofener Hornstein" (BINSTEINER 2005, 129). Ärgerlicherweise bleibt unklar, welcher Anteil sich dahinter genau verbirgt. Dann hätte man konkret überprüfen können, wie stark dieses Missverhältnis wirklich ist. In größerer Entfernung tritt es jedoch deutlich hervor, wie an den Gräbern von Rutzling bei Linz zu erkennen ist (a. a. O., 128f. Tab. 68 und Tab. 69). Dort beträgt der Anteil des Arnhofener Hornsteins in der Siedlung nur 18,3 % (55 von 300 Stück). In den vier silexführenden Gräbern des Bestattungsortes liegt er jedoch bei 66,6 % (6 von 9 Stück: Konfidenzinterv. 29,9 % – 92,5 %) und zeigt damit, dass sein Ansehen als Grabbeigabe wesentlich über seinem wirtschaftlichen Stellenwert lag.

Dank des guten Forschungsstandes zu den bandkeramischen Silexartefakten in Deutschland kann für die Untersuchung der altneolithischen Verbreitung des Arnhofener Hornsteins auf zahlreiche Inventare zurückgegriffen werden. Insgesamt – ohne das Bergwerk selbst – wurden so 82 bandkeramische Fundplätze als Datenpunkte aufgenommen (**Tab. 4.2**).

Das Bergwerk wurde hier als ein Datenpunkt mit 100 % Arnhofenanteil mit berechnet. Von den 82 Fundplätzen weisen 52 Funde von Arnhofener Hornstein auf, besitzen also einen Anteil größer als Null. Die anderen 30 Fundplätze werden als natürliche Nullpunkte miterfasst. Zusätzlich waren am Kartenrand auf dem Alpenhauptkamm fünf künstliche Nullpunkte einzufügen (**Tab. 4.2c** Nr. 101 bis Nr. 105; vgl. **Abb. 4.3**), damit der Trend der niederbayerischen Inventare nicht bis zum südlichen Kartenrand verlängert wird (vgl. o. 4.1.2.). Da es bisher keinerlei Hinweise auf das Auftreten von Arnhofener Artefakten im norditalienischen Frühneolithikum gibt, kann dieses Vorgehen als empirisch abgesichert gelten.

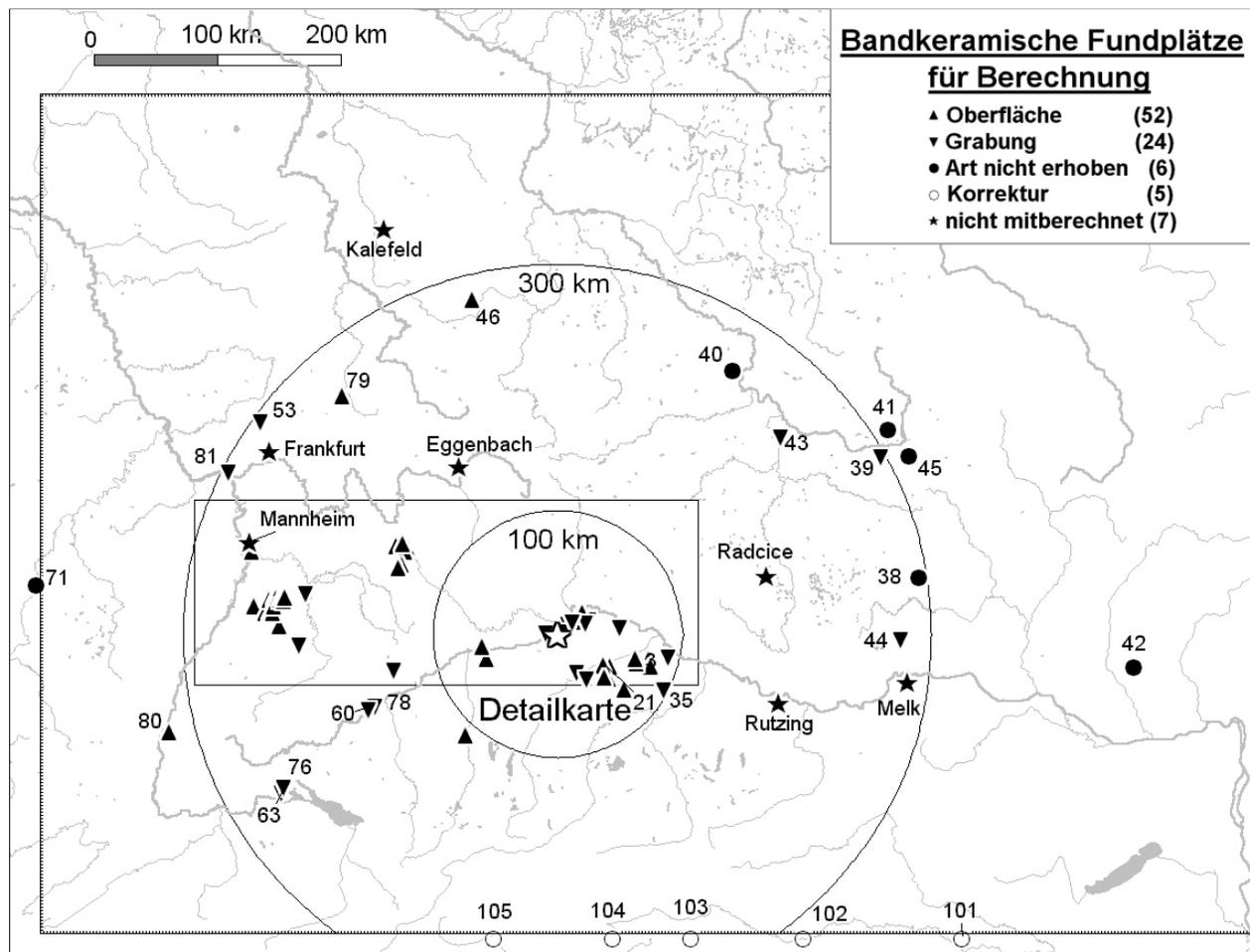


Abb. 4.3: Südwestliches Mitteleuropa. Datengrundlage für die Interpolation der bandkeramischen Hornsteinweitergabe.

Der äußere Kasten (innen gestrichelte Linie) wird in allen Karten als Orientierungssystem mit abgebildet. Die schwarzen Sterne markieren wichtige Fundplätze, die nicht für die Interpolation genutzt wurden. Alle anderen kartierten Inventare wurden zur Berechnung herangezogen. Die Nummerierung der Fundplätze ist in Tab. 4.2 aufgeschlüsselt (s. u.). Die Fundstellen der Inventare sind Ausgrabungen, Oberflächenfundstellen oder von nicht näher ermittelter Art (siehe Legende). Zusätzlich wurden aus mathematischen Gründen künstliche Nullstellen ("Korrektur") eingesetzt. Der zentrale Kartenausschnitt ("Detailkarte") ist nochmals gesondert kartiert (s. u. Abb. 4.4). Die beiden Kreise sind Puffer im Abstand von 100 km und 300 km um Arnhofen, das mit einem weißen Stern kartiert ist.

Auf den Karten in den folgenden Abschnitten sind stets zahlreiche, zumeist flächenhafte Informationen abgebildet. Zusätzlich wird mit mehreren verschiedenen Punktsymbolen gearbeitet. Um das Auftreten von komplizierten, schwer entwirrbaren graphischen Informationen zu vermeiden und dem Auge das Einsehen in die zentralen Karteninformationen zu erleichtern wird als Kartengrundlage immer eine stumme Karte gewählt. Sie zeigt lediglich das Gewässernetz und keine anderen flächigen oder punktförmigen Objekte wie etwa Gebirge oder Städte. Bei den Kartenbeschreibungen werden neben den Namen der Flüsse vor allem die Bezeichnungen von Landschaften und Verwaltungseinheiten verwendet, um vor dem geistigen Auge die Orientierung zu erleichtern.

Die Karte zeigt (**Abb. 4.3**), dass der Erforschungsgrad der bandkeramischen Fundregionen im südlichen Mitteleuropa deutliche Unterschiede aufweist. Das wirkt sich auf die Aussagekraft der Interpolation aus. Liegt für einen Untersuchungsraum eine Messpunktverteilung mit Lücken vor, so sind die entsprechenden Teilregionen nicht mehr empirisch gestützt. Die Interpolation kann dort nicht auf Messwerte zurückgreifen, die für diese Regionen repräsentativ sind. In solchen ungestützten Bereichen besitzt die Interpolation weniger Aussagekraft als in den anderen Arealen. Die im Bereich der Fundpunktlücken geschätzten Werte sind daher von wesentlich geringerer Qualität, als diejenigen aus gut belegten Bereichen. Der regionale Forschungsstand hat also deutliche Auswirkungen auf Verlauf und Aussagequalität der Isolinien.

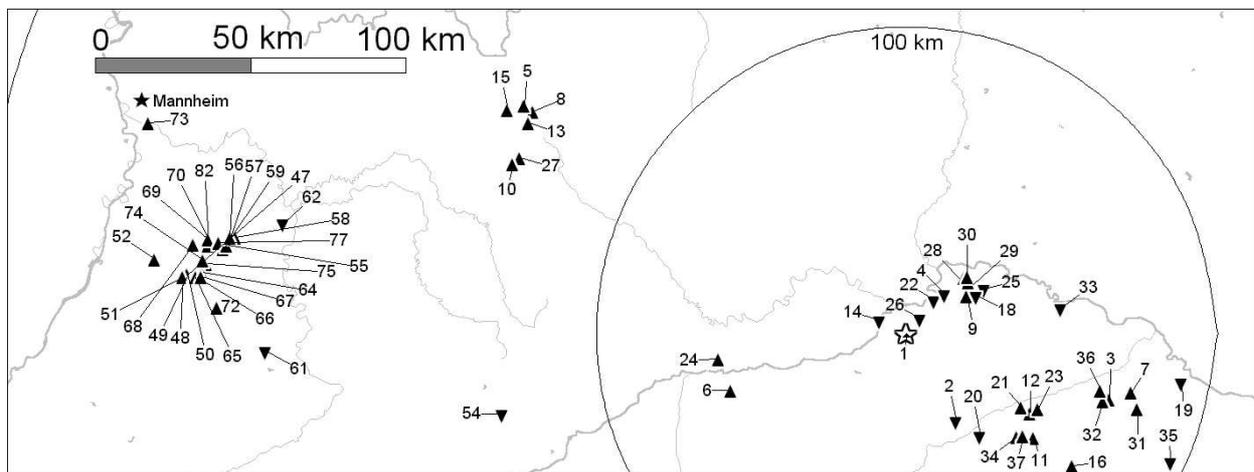


Abb. 4.4: Nördliches Baden-Württemberg und zentrales Bayern. Detailkarte zur Datengrundlage für die Interpolation der bandkeramischen Hornsteinweitergabe. Die Numerierung der Fundplätze ist in Tab. 4.2 aufgeschlüsselt (s. u.). Zur Fundstellenart siehe Legende von Abb. 4.3. Der Teilkreis ist ein 100 km-Puffer um Arnhofen, das mit einem Fünfeck-Stern kartiert ist.

Betrachtet man die Messpunktverteilung näher (**Abb. 4.4**), zeigen sich um das Bergwerk sowie südöstlich und westlich davon gut untersuchte Areale.

Diese gut bis sehr gut aufgearbeiteten Regionen sind Baden-Württemberg, das mittlere und südliche Bayern sowie das zentrale Tschechien. Sie bilden mit ihren Fundplätzen das Kernstück der bandkeramischen Datenaufnahme.

Die unmittelbar angrenzenden Regionen des nördlichen Bayerns, sowie Thüringen, das westliche Tschechien mit dem Pilsener Becken und das westliche Österreich bleiben dagegen völlig ohne Datenpunkt. Für diese Regionen war bis zum Abschluss der Datenaufnahme anhand der zugänglichen Literatur kein benutzbares Inventar beizubringen. Die von Trnka vorgestellten österreichischen Fundplätze umfassen jeweils nur wenige Stücke und sind daher für eine Einbeziehung ungeeignet (ders. 2004; hier **Abb. 4.3**, Melk). Besonders bedauerlich ist bei den Fundstellen des Pilsener Beckens (vgl. BŘICHÁČEK/METLIČKA 2002), der Mangel an quantitativer Information. Vermutlich ließe sich mit ihnen sogar die Entwicklung der Weitergabe von Arnhofer Hornstein innerhalb der Bandkeramik nachvollziehen – gäbe es aufgeschlüsselte Zahlen.

Die Forschungslücke in Nordbayern kann erst durch zukünftige Arbeiten geschlossen werden. Die Schätzungen für diese Regionen werden also mit Unsicherheiten behaftet sein, die dem Forschungsstand geschuldet sind. Die am besten erforschten deutschen Regionen, Westdeutschland zwischen Main und Niederrhein (vgl. ZIMMERMANN 1995), spielen in diesem Zusammenhang nur als empirische Kontrollpunkte (Nullpunkte) eine Rolle, da sie (weitestgehend) außerhalb der Verbreitung des Arnhofeners liegen.

Wie erwähnt (s. o. 4.1.1.), wurden die neuen Daten von Binstener zu bandkeramischen Plätzen nicht mehr in die Berechnungen einbezogen (vgl. ders. 2005, 107 Tab. 53 und 128 Tab. 68). Insgesamt wären im westlichen Franken nur sechs Plätze in einer Region hinzugekommen, die bereits gut erfasst ist (**Abb. 4.4**, Nrn. 5, 8, 10, 13, 15 und 27). Da die Anteile der neuen Fundplätze zudem alle in der gleichen Größenordnung liegen, wie bei den hier verwendeten, ist der Verzicht auf die Einbeziehung dieser Plätze ohne größere Probleme möglich. Nach einer Überprüfung der Fundsituation verblieben noch sechs bandkeramische Plätze aus Franken in der Publikation, die man bei einer Neuberechnung heranziehen könnte (ders. 2005, 107 Tab. 53). Es handelt sich um die Fundplätze Burgbernheim I 8,7 %, Kröttenbach II 1,8 %, Lohr V 1,8 %, Mörlbach I 0,5 %, Rothenburg I und II zusammengefasst 0,9% und Ulsenheim 1,7 %. Dabei beziehen sich alle Angaben auf die Plattenvariante, müssten also noch entsprechend umgerechnet werden (s. u.). Einzig der Anteil im bandkeramischen Siedlungsinventar vom Rutzing und Haid südlich von Linz in Oberösterreich hätte den Datensatz an einer Stelle bereichert, wo bisher keine Informationen vorhanden waren (a. a. O., 128 Tab. 68). Auf diesen Platz wird bei der Erörterung möglicher Korrekturfaktoren noch einmal zurückzukommen sein.

Aus Gründen der Quellenkritik wurden bei der Kartierung die Fundplätze nach ihrer Aussagequalität unterschieden. Dabei würde man erwarten, dass ausgegrabene Inventare seltener von zufälligen Beeinträchtigungen betroffen sind als Oberflächenfundplätze. Eine Fallstudie zu Steinrohmaterialien in Nordost-Nigeria erbrachte in diesem Zusammenhang interessante Ergebnisse (RUPP 2005, 55ff.). Die nachträgliche Überprüfung durch Sondagen ergab, dass die Zusammensetzung von Surveyinventaren zumeist nicht nur gut mit den ausgegrabenen Inventaren übereinstimmte, sondern auch bezüglich des Auftretens seltener Rohmaterialien repräsentativer war, als die ausgegrabenen Inventare. Trotzdem bleibt im mitteleuropäischen Fall das Problem der Vermischung verschiedener Besiedlungsphasen bestehen. Bei Grabungsinventaren tritt dies (normalerweise) nicht auf.

Die hier aufgenommenen Inventare sind aber in der überwiegenden Mehrzahl Oberflächenfundplätze (52 Fundplätze). Nur ein knappes Drittel der Inventare stammt aus Ausgrabungen (24 Fundplätze). Bei sechs Plätzen wurde die Art des Fundplatzes nicht erhoben. Es sind dies Fundplätze außerhalb Deutschlands am Rande der Verbreitung (4 in Tschechien: Nrn. 38, 40, 41 und 45; 1 in der Slowakei: Nr. 42; 1 in Luxemburg: Nr. 71). Von der Problematik möglicher Vermischungen sind jedoch nur diejenigen Regionen betroffen, in denen die mittelneolithische Besiedlung unmittelbar auf den altneolithischen Plätzen fortgeführt wurde.

Dies trifft vor allem auf das Gebiet des Südostbayerischen Mittelneolithikums (Mittel- und Südbayern) und die östlichen Regionen (Tschechien, Slowakei und Österreich) zu. Bei den zwei wichtigsten Regionalstudien zu Bayern wurde diese Problematik auf unterschiedliche Weise angegangen (DAVIS 1975 und SCHÖTZ 1988). Davis' chronologische Einteilung konnte einfach übernommen werden (ders. 1975). Seine Gruppen Ia und Ib entsprechen der LBK, seine Gruppen IIa und IIb dem Mittelneolithikum. Weitere Qualitätskontrollen wurden nicht durchgeführt. Es zeigten sich allerdings sowohl Ähnlichkeiten zwischen benachbarten Inventaren von Davis' Aufnahme (Nrn. 6, 9, 24 und 28 bis 30), als auch Ähnlichkeiten zwischen Plätzen von Davis und anderen benachbarten Grabungen (Nrn. 4, 18 und 25). Die Qualität dieser Daten unterliegt also keiner Beeinträchtigung.

Bei der Regionalstudie von Schötz wurden nur diejenigen seiner Fundplätze mit "überwiegend linearbandkeramischen Scherben" ausgewählt (ders. 1988, Tab. 1), bei denen die Anzahl der mittelneolithischen Scherben maximal ein Fünftel der bandkeramischen Scherbenzahl erreichte. Zwar kann auch dadurch die Möglichkeit einer Vermischung nicht ausgeschlossen werden, ihr störender Einfluss dürfte aber nur gering ausfallen. Bei den Fundplätzen im südöstlichen Mitteleuropa (Nrn. 38 bis 45) kann zu dieser Problematik keine Aussage getroffen werden.

Wenn die Oberflächenfundplätze in Mitteleuropa das Spektrum der seltenen Rohmaterialien in gleicher Weise wie in Nigeria besser abbilden als die ausgegrabenen Inventare, so könnte es sogar von Vorteil sein, dass die Randbereiche der bandkeramischen Verbreitung des Arnhofener Hornsteins überwiegend durch Oberflächenfundplätze abgedeckt werden.

Wenn es auch nicht Zweck dieser Kartierung ist, so vermittelt sie doch einen ersten Eindruck davon, wie weit der Arnhofener Hornstein während der mittleren bis jüngsten Bandkeramik verbreitet war. Stellt man sich die Karte (Abb. 4.3) ohne die (natürlichen) Nullpunkte am Rand der Verbreitung vor, erhält man einen ersten Eindruck. Diese Nullpunkte rahmen die anderen Fundplätze mehr oder weniger ein. Sie liegen im Hegau (Nr. 63 und 76), am Oberrhein, in Luxemburg (Nr. 71), in Mittelhessen (Nr. 53, 79 und 81), in Westthüringen (Nr. 46), in Nordwest- (Nr. 40) und Zentralböhmen (Nr. 41 und 45), sowie im westlichen Mähren (Nr. 38) und der südwestlichen Slowakei (Nr. 42).

Bis jetzt ist nichts darüber bekannt, dass Arnhofener Hornstein – zu dieser oder einer anderen Zeit – die Alpensüdseite erreicht hat. Ansonsten kann hier nur vermutet werden, dass er im Altneolithikum auch die südlichsten Inventare in Bayern erreichte.

Im Westen gelangten Einzelstücke bis in die Region um Ulm (160 km: Nrn. 60 und 78). Weiter nordwestlich taucht er sporadisch auf Plätzen zwischen mittlerem Neckar und Oberrhein auf (240 km: Nrn. 47 bis 50, 56, 57, 59, 62, 68, 74 und 77), und erreicht den Rhein selbst nur selten (260 km: Abb. 4.3 Mannheim; vgl. ZIMMERMANN 1995, 42f. Abb. 10 und 143 Nr. X6). Auf den Oberflächenfundplätzen im Bereich der Neckarmündung (Nr. 73) ist er nicht belegt. Richtung Nordwesten gelangte Arnhofener Hornstein regelmäßig bis ins nordwestliche Mittel- und südliche Unterfranken (Nrn. 5, 8, 10, 13, 15 und 27). In einem Fall erreicht er sogar den Untermain (270 km: Abb. 4.3 Frankfurt; vgl. ZIMMERMANN 1995, 42f. Abb. 10 und 136 Nr. 87).

Die Situationen in den Regionen Oberrhein und Untermain belegen noch einmal nachdrücklich die im Abschnitt 4.1.1. geäußerte Kritik an herkömmlichen Verbreitungskarten auf Punktbasis. Zugleich sind sie ein eindrückliches Beispiel für den dort erläuterten Einfluss des Zufalls auf die Verbreitungsränder bei solchen Karten.

Vom Bergwerk aus nach Norden gesehen klafft eine große Forschungslücke. Ein Thüringer Inventar etwa weist keinen Arnhofener Hornstein mehr auf (Nr. 46, vgl. ZIMMERMANN 1995, 42f. Abb. 10 und 143 Nr. Z 572), im oberfränkischen Eggenbach tritt er dagegen noch auf (160 km: Abb. 4.3 Eggenbach, vgl. ZIMMERMANN 1995, 42f. Abb. 10 und 136 Nr. 89).

Sollte sich die hier mit Vorbehalt wiedergegebene Meldung von Seraphim bewahrheiten (ders. 2005, 43f.), so sind 8 von 10 Klingen aus einer bandkeramischen Grube bei Kalefeld, Kr. Norderheide, Niedersachsen (Verbleib Landesmuseum Braunschweig) aus gebändertem Arnhofener Plattenhornstein die bei weitem nördlichsten Fundstücke dieser Art (350 km: Abb. 4.3 Kalefeld). Damit würde sich eine Vermutung Zimmermanns bestätigen (ders. 1995, 41f.), wonach Arnhofener Hornstein bereits in der Bandkeramik durchaus bis ins nördliche Hessen verbreitet war. In diesem Zusammenhang macht sich das Fehlen von Studien zu bandkeramischen Inventaren aus Thüringen, die nach einem modernen, quantitativen Ansatz vorgehen, schmerzhaft bemerkbar. Im Nordosten liegen gesicherte Fundmeldungen aus Bylany vor (300 km: Nr. 39).

Der von Sida vorgestellte südwestböhmische Fundplatz Radčice ging, wie erwähnt, aus Zeitgründen nicht mehr in die Berechnung mit ein. Sein Anteil von 6,25 % fügt sich jedoch gut in das sonstige Bild (vgl. u. 4.2.2.). Donauabwärts nach Osten gelangte Arnhofener Hornstein scheinbar regelmäßig bis nach Niederösterreich, wie zahlreiche Artefakte aus sieben älter- bis jüngstbandkeramischen Siedlungen aus der Umgebung von Melk zeigen (280 km: Abb. 4.3, Melk; vgl. TRNKA 2004). Es bleibt festzuhalten, in der Zeit zwischen 5200 v. Chr. und 4950 v. Chr. kann Arnhofener Hornstein in Entfernungen von bis zu 300 km, ja möglicherweise sogar bis zu 350 km, um das Bergwerk herum auftreten.

Wirft man einen Blick auf die in den Inventaren festgestellten Arnhofenanteile (**Tab. 4.2**), so fällt bereits jetzt auf, dass jenseits von Niederbayern keine zweistelligen Prozentwerte mehr auftauchen. In weiten Regionen des südlichen Mitteleuropa sind aber Fundstellen verbreitet, die einen geringen bis sehr geringen Anteil in der Größenordnung von wenigen Prozent bis wenigen Promille aufweisen. Dieser Sachverhalt gibt vor dem Hintergrund der oben erläuterten Relationen zwischen Entfernung und Anteil bereits jetzt Anlass zu der Vermutung (s. o. 4.1.2. Abb. 4.1), auch der Arnhofener Hornstein könnte in der Bandkeramik im Tausch von Hand zu Hand weitergegeben worden sein. Dies entspräche der Weitergabeart beim Rijckholt-Feuerstein (ZIMMERMANN 1995, 131).

Vor diesem Hintergrund sei nochmals auf einen wichtigen Aspekt hingewiesen. Im Falle eines Tausches von Hand zu Hand wären die Funde von Arnhofener Hornstein *kein* Anzeichen für Fernkontakte. Vielmehr würden sie in diesem Fall intensive Kontakte mit jeweils kurzer Reichweite innerhalb des Verbreitungsraumes belegen.

Ein weiteres zentrales Problem für die Frage nach der Hornsteinweitergabe während der Bandkeramik ist die genaue Identifikation des Rohmaterials.

Nr.	Name des Fundplatzes	Art des Fundpl.	Anzahl	Prozent	umgerechnet	Literaturzitat	Katalognummer	Faktor
1	Abensberg-Arnhofen	Grabung	X	100	100	Kap. 3.1.2.1.		KE
2	Altdorf-Aich	Grabung	5	1.7	1.7	GANSLMAIER 2002, 168 Abb.61	AA	KE
3	Aufhausen I B C	Oberfläche	5	4.2	7	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
4	Bad Abbach-Gemling	Grabung	140	43.8	43.8	Kap. 3.1.2.1.		KE
5	Custenlohr	Oberfläche	X	3	4.5	ENGELHARDT 1981, 106f.	11	HH
6	Dezenacker	Oberfläche	185	10.7	16.1	DAVIS 1975, Abb. 1 und 62f.	87	HH
7	Eichendorf 1	Oberfläche	0	0	0	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		KE
8	Ermetzhofen	Oberfläche	X	7	10.5	ENGELHARDT 1981, 109ff.	121	HH
9	Gebelkofen	Oberfläche	X	17.4	31.3	DAVIS 1975, Abb. 1 und 62f.	30	BA
10	Gepsattel	Oberfläche	X	3	4.5	ENGELHARDT 1981, 90	57	HH
11	Gerzen 1	Oberfläche	20	16.9	30.8	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
12	Göttersdorf 1	Oberfläche	5	20	33.3	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
13	Habelsee	Oberfläche	X	1	1.5	ENGELHARDT 1981, 92ff.	63	HH
14	Hienheim	Grabung	225	19	19	DE GROOTH 1994 und Kap. 3.1.2.2. Anm.		KE
15	Hohlach-Hochstraße	Oberfläche	20	1.6	2.4	KURZ 1998, 60 und Abb. 8		HH
16	Irlach 1	Oberfläche	2	10	20	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
17	Kaufering	Oberfläche	52	9.2	9.2	BÖHNER und GOHLISCH 2005	F1	KE
18	Köfering-Altteglofsheim	Grabung	123	21	21	GANSLMAIER 2002, 168 Abb. 61	KOE	KE
19	Künzing-Bruck	Grabung	0	0	0	GRILLO 1997, Karte 189		KE
20	Landshut-Sallmannsberg	Grabung	28	50.9	50.9	GANSLMAIER 2002, 168 Abb. 61	LS	KE
21	Lehen 1	Oberfläche	7	14.3	25	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
22	Lengfeld-Dantschermühle	Grabung	1276	64	64	BURGER-SEGL 1998, 27		KE
23	Maßendorf 1	Oberfläche	5	18.7	31.3	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
24	Mauern	Oberfläche	X	2.9	4.4	DAVIS 1975, Abb. 1 und 62f.	91	HH
25	Mintraching	Grabung	10	5.5	5.5	MATEICIUCOVA 2002, Karte 54	20	KE
26	Mitterfecking	Grabung	627	70.6	70.6	Kap. 3.1.2.1.		KE
27	Neusitz	Oberfläche	X	1	1.5	ENGELHARDT 1981, 98	76	HH
28	Niedertraubling I	Oberfläche	X	11.2	20.2	DAVIS 1975, Abb. 1 und 62f.	48	BA
29	Niedertraubling V	Oberfläche	X	3	5.4	DAVIS 1975, Abb. 1 und 62f.	52	BA
30	Niedertraubling VIII	Oberfläche	0	20.8	37.4	DAVIS 1975, Abb. 1 und 62f.	55	BA
31	Obergrafendorf 3	Oberfläche	12	16.7	28.6	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
32	Steinbeißer 1	Oberfläche	7	11.4	20	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
33	Straubing-Lerchenhaid	Grabung	5	19.2	19.2	GANSLMAIER 2002, 168 Abb. 61	SL	KE
34	Unterbettenbach 2	Oberfläche	4	10.5	21.6	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		BA
35	Untergaiching	Grabung	124	17.9	32.1	GRILLO 1997, 189 und 104		BA
36	Wildthum 1	Oberfläche	0	0	0	SCHÖTZ 1988, 12 Tab. 1		KE

Tab. 4.2a: Fundstellenliste für die LBK.

Datengrundlage für die Interpolation der bandkeramischen Hornsteinweitergabe. Bei "Anzahl" ist die absolute, und bei "Prozent" die relative Häufigkeit aufgeführt. In der Spalte "umgerechnet" ist die Zahl angegeben, die unter Verwendung des in Spalte "Faktor" aufgeführten Verrechnungsfaktors ermittelt wurde (siehe Text; KE = kein Faktor, HH = Hienheim und BA = Bad Abbach). "X" bei Anzahl steht für einen nicht angegebenen oder nicht erhobenen Wert.

Nr.	Name des Fundplatzes	Art des Fundpl.	Anzahl	Prozent	umgerechnet	Literaturzitat	Katalognummer	Faktor
37	Wippstetten 1	Oberfläche	25	30.4	54.8	SCHÖTZ 1988, S. 12 Tab.1		BA
38	Bohusice	nicht erh.	0	0	0	LECH 1987, Abb. 28.1	38	KE
39	Bylany	Grabung	2	0.7	0.7	MATEICIUCOVA 2002, Karte 55	61	KE
40	Chabarovice	nicht erh.	0	0	0	LECH 1987, Abb. 28.1	19	KE
41	Libcany	Nicht erh.	0	0	0	LECH 1987, Abb. 28.1	27	KE
42	Nitra "Premyslova Ul."	Nicht erh.	0	0	0	LECH 1987, Abb. 28.1	42	KE
43	Roztoky u Prahy	Grabung	2	1.6	1.6	MATEICIUCOVA 2002, Karte 55	61	KE
44	Strögen	Grabung	1	4.2	4.2	MATEICIUCOVA 2002, Karte 54	18	KE
45	Uhretice	Nicht erh.	0	0	0	LECH 1987, Abb. 28.1	28	KE
46	Bilzingsleben	Oberfläche	0	0	0	ZIMMERMANN 1995, Abb. 10	Z572	KE
47	Bretten "Aufzieher"	Oberfläche	X	5.9	5.9	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	6	KE
48	Bretten "Holderäcker"	Oberfläche	X	11.1	11.1	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	13	KE
49	Bretten "Im Hetzenbaum"	Oberfläche	X	4.3	4.3	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	11	KE
50	Bretten "Rang"	Oberfläche	X	3.2	3.2	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	17	KE
51	Bretten "Wanne"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	22	KE
52	Bruchsal-Obergrombach	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	67	KE
53	Butzbach	Grabung	0	0	0	ZIMMERMANN 1995, Abb. 10	M 46	KE
54	Dettingen	Grabung	X	0.04	0.1	WENIGER 1984, 6		HH
55	Eppingen "Röllersberg"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	304	KE
56	Eppingen "Scheurle"	Oberfläche	X	5.6	5.6	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	305	KE
57	Eppingen "Schußmauer"	Oberfläche	X	5.6	5.6	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	306	KE
58	Eppingen "Stebbacher Bruch"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	307	KE
59	Eppingen-Mühlbach	Oberfläche	X	10	10	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	314	KE
60	Erbach-Ringingen	Grabung	18	0.3	0.4	KIND 1990, 100 Tab. 47		HH
61	Gerlingen	Grabung	3	0.1	0.1	STRIEN 1999, 237ff.		HH
62	Heilbronn-Neckargartach	Grabung	2	3.8	3.8	SCHMIDGEN-HAGER 1992, 208 und 248		KE
63	Hilzingen	Grabung	0	0	0	NEUBAUER-SAURER 1995, 23		KE
64	Knittlingen "Büschle"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	263	KE
65	Knittlingen "Mordgrund"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	267	KE
66	Knittlingen "Oberhofen"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	268	KE
67	Knittlingen "Weißach"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	272	KE
68	Kraichtal-Gochsheim	Oberfläche	X	3.6	3.6	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	83	KE
69	Kraichtal-Landshausen "Langenreitel"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	99	KE
70	Kraichtal-Landshausen "Schwindelgrund"	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	105	KE
71	Montenach	nicht erh.	0	0	0	ZIMMERMANN 1995, Abb. 10	Mo	KE

Tab. 4.2b: Fundstellenliste für die LBK.

Datengrundlage für die Interpolation der bandkeramischen Hornsteinweitergabe. Bei "Anzahl" ist die absolute, und bei "Prozent" die relative Häufigkeit aufgeführt. In der Spalte "umgerechnet" ist die Zahl angegeben, die unter Verwendung des in Spalte "Faktor" aufgeführten Verrechnungsfaktors ermittelt wurde (siehe Text; KE = kein Faktor, HH = Hienheim und BA = Bad Abbach). "X" bei Anzahl steht für einen nicht angegebenen oder nicht erhobenen Wert. Die Doppellinien teilen die drei Regionen Süd (bis Nr. 37), Ost (bis Nr. 45) und West (Nr. 46 bis 82).

Nr.	Name des Fundplatzes	Art des Fundpl.	Anzahl	Prozent	umgerechnet	Literaturzitat	Katalognummer	Faktor
72	Mühlacker-Lomersheim	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	283	KE
73	Neckarmündung	Oberfläche	0	0	0	LINDIG 2002, 127 Abb. 80		KE
74	Oberderdingen	Oberfläche	X	3.6	3.6	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	166	KE
75	Oberderdingen	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	161	KE
76	Scharmenseewadel	Grabung	0	0	0	NEUBAUER-SAURER 1995, 24		KE
77	Sulzfeld	Oberfläche	X	4.8	4.8	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	184	KE
78	Ulm-Eggingen	Grabung	2	0.03	0.1	KIND 1989, 203f.		HH
79	Unterbimbach	Oberfläche	0	0	0	ZIMMERMANN 1995, Abb. 10	90	KE
80	Weisweil	Oberfläche	0	0	0	ZIMMERMANN 1995, Abb. 10	We	KE
81	Wiesbaden-Erbenheim	Grabung	0	0	0	ZIMMERMANN 1995, Abb. 10	69	KE
82	Zaisenhausen	Oberfläche	0	0	0	HEIDE 2001, 100 Abb. 67 und 272 Karte 14	224	KE
101	Künstl. Nullpkt. Nr. 1	Korrektur	0	0	0	Korrektur Süd		KE
102	Künstl. Nullpkt. Nr. 2	Korrektur	0	0	0	Korrektur Süd		KE
103	Künstl. Nullpkt. Nr. 3	Korrektur	0	0	0	Korrektur Süd		KE
104	Künstl. Nullpkt. Nr. 4	Korrektur	0	0	0	Korrektur Süd		KE
105	Künstl. Nullpkt. Nr. 5	Korrektur	0	0	0	Korrektur Süd		KE

Tab. 4.2c: Fundstellenliste für die LBK.

Datengrundlage für die Interpolation der bandkeramischen Hornsteinweitergabe. Bei "Anzahl" ist die absolute, und bei "Prozent" die relative Häufigkeit aufgeführt. In der Spalte "umgerechnet" ist die Zahl angegeben, die unter Verwendung des in Spalte "Faktor" aufgeführten Verrechnungsfaktors ermittelt wurde (siehe Text; *KE* = kein Faktor, *HH* = Hienheim und *BA* = Bad Abbach). "X" bei Anzahl steht für einen nicht angegebenen oder nicht erhobenen Wert.

Zu klären ist, ob die in den Publikationen angegebenen Prozentanteile Arnhoferer Hornstein allgemein bezeichnen oder nur den Arnhoferer Plattenhornstein. Bereits im ersten ausführlicheren Vorbericht zum Bergwerk von Arnhofen wurde deutlich gemacht (ENGELHARDT/BINSTEINER 1988, Abb. 5), dass neben dem bis dahin (seit DAVIS 1975) als eigenständiges Rohmaterial geführten Plattenhornstein auch Knollenhornstein auftritt. Trotzdem wurde teilweise noch lange danach nur die gebänderte plattenförmige Variante als Arnhoferer Hornstein angesprochen.

Erst allmählich ging man im Laufe der 1990er Jahre dazu über, beide Varianten unter einer gemeinsamen Bezeichnung aufzuführen (vgl. DE GROOTH 1994, 102; vgl. GANSLMEIER 2002). Die Knollenhornsteinartefakte aus Arnhoferer Silex wurden dabei vermutlich unter die zonierten Jurahornsteine eingeordnet, wie die Erläuterungen von de Grooth zu diesem Thema nahe legen (ebd.). Betroffen davon sind alle bis etwa Mitte der 1990er erstellten Regionalstudien (DAVIS 1975; ENGELHARDT 1981; GRILLO 1997; SCHÖTZ 1988) und einige Einzelpublikationen (vgl. **Tab. 4.2**, Spalten 'Publikation...' und 'Faktor'). Das Rohmaterial wird bei Schötz nur als Platten- oder Knollenhornstein ohne spezifische Herkunftsangabe bezeichnet (ders. 1988). Zumindest für das Alt- und das Mittelneolithikum kann man aber davon ausgehen, dass die Angaben von Schötz zum Plattenhornstein auf den Arnhoferer Plattenhornstein zu beziehen sind.

Gleiches gilt grundsätzlich für die Angaben bei Davis (ders. 1975). Hier könnte allerdings bei den beiden westlich von Arnhofen gelegenen Plätzen (Nr. 6 und 24) grundsätzlich auch Plattenhornstein der Paintener Wanne auftauchen. Allerdings macht er bereits im direkt an der Quelle gelegenen Hienheim nur noch 12,2 % des bandkeramischen Inventars aus (145 von 1187 Stück – Summe der Phasen LBK 2 bis LBK 5; DE GROOTH 1994, 101f., 116f. und 102 Tab. 4). Sollte also Davis in den beiden Fundstellen unter Plattenhornstein auch solchen der Paintener Wanne miterfasst haben, dürfte unter Berücksichtigung der Entfernung zur Quelle die daraus resultierende Unschärfe der Prozentwerte nur minimal ausgefallen sein.

Angelika Grillo, die in ihrer Studie immer wieder behauptete, es sei unmöglich, zwischen Lengfelder und Arnhofener Hornstein zu unterscheiden, sei hier entschieden widersprochen (vgl. dies. 1997). Sowohl die eigene, vor Ort an Aufschlüssen, Belegstücken und archäologischen Funden gewonnene Erfahrung zu diesen Rohmaterialien, als auch die von allen anderen Bearbeitern gemachte Unterscheidung belegen eindeutig, dass der Verzicht auf die Trennung von Arnhofener und Lengfelder Hornstein ein Fehler ist. Es ist zu betonen: Beide Hornsteintypen sind, abgesehen von einem quantitativ verschwindend geringen Übergangsfeld, makroskopisch klar und eindeutig voneinander trennbar. Vergleicht man die Angaben von Grillo mit den Werten aus anderen Studien jeweils zum gleichen Fundplatz (z. B. Lengfeld 61,0 %: a. a. O., 76 f. und Tab. 19; vgl. BURGER-SEGL 1998, 27: 64 %), so zeigt sich, dass sie die gesamte Menge der Artefakte, die eigentlich als Arnhofener Hornstein anzusprechen sind, fälschlicherweise ihrer Mischgruppe Arnhofen-Lengfeld zugeschlagen hat. Sämtliche Werte dieser Gruppe werden hier daher als Angaben zum Arnhofenanteil verstanden. Der Grund für diesen schwerwiegenden Irrtum könnte in einer Überbewertung von Einzelstücken aus dem quantitativ nicht ins Gewicht fallenden Übergangsfeld zwischen beiden Rohmaterialien liegen. Ihre Angaben sind also nur der Bezeichnung nach falsch, aber nicht nach dem grundsätzlichen Informationsgehalt.

Wie gezeigt werden konnte (s. o. 3.1.2.2.), wurde in der Bandkeramik gerade auch der Knollenhornstein weitergegeben. Es macht sogar den Eindruck, als ob man von Seiten der Erzeuger lieber den weniger ergiebigen Knollenhornstein weitervertauschte. Dass die Weitergabe der Knollenvariante auch in größeren Entfernungen noch eine Rolle spielte, zeigen etwa die Funde aus Rutzing bei Linz (BINSTEINER 2005, 128f.) und dem Raum Melk (TRNKKA 2004). In den Siedlungen um Melk erreichen sie einen Anteil von bis zu 36 % an den Artefakten aus Arnhofener Hornstein (4 von 11 Stück in der Fundstelle Roggendorf 2). Darunter befindet sich auch ein konischer Klingenkern von noch 396 g Gewicht und 9 cm Länge (a. a. O. 315 und 314 Abb. 7). Etwas näher am Bergwerk, in den Gräbern bei Rutzing ist sogar die Hälfte der sechs Arnhofener Stücke aus Knollenhornstein (BINSTEINER 2005, 129 Tab. 69).

Angesichts der Bedeutung der Knollenhornsteine sind aber viele Angaben aus dem Zeitraum bis etwa Mitte der 1990er Jahre von dem Problem betroffen, dass sie nicht den vollständigen Anteil an Arnhoferer Hornstein, sondern nur einen Bruchteil wiedergeben, nämlich den der Stücke aus der plattenförmigen Variante.

Will man dieses Manko wettmachen, muss ein *Verrechnungsfaktor* gefunden werden, mit dem publizierte Werte verrechnet werden können, die nur Plattenhornstein aufführen. Um den eigentlichen Anteil an Arnhoferer Hornstein zu ermitteln, sind also nur auf Plattenhornsteinanteilen basierende Angaben rechnerisch zu erhöhen.

Hier bietet es sich an, die beiden nächsten durch Weitergabe versorgten Plätze in der Umgebung von Arnhofen heranzuziehen: Hienheim und Bad Abbach. Für beide konnte der Anteil der knollenförmigen Variante und ihr Verhältnis zum Anteil der plattenförmigen Variante ermittelt werden (Hienheim s. o. 3.2.2. Fn. 3.10; Bad Abbach s. o. 3.2.1. Tab. 3.20). Dabei zeigte sich, dass dieses Verhältnis anscheinend nach Weitergaberichtung variierte. Während in Hienheim auf zwei Plattenstücke ein Stück aus Knollenhornstein kam (64,9 % Platte und 35,1 % Knolle), lag die Relation in Bad Abbach bei vier zu fünf (ca. 45,7 % Platte und 54,3 % Knolle). Damit ähnelt dieses Verhältnis grob dem am Rande der Verbreitung im niederösterreichischen Roggendorf 2 festgestellten Wert. Statistisch gesehen kann nach den Konfidenzintervallen nicht von unterschiedlichen Grundgesamtheiten ausgegangen werden, d. h. beide, Bad Abbach und Roggendorf 2, könnten Zufallsauslesen aus Gesamtinventaren mit grundsätzlich gleichem Knollenhornsteinanteil sein. Allerdings verweist der Roggendorfer Wert auch darauf, dass die direkte Anwendung eines auf den Abbacher Anteilen basierenden Verrechnungsfaktors möglicherweise zu hohe Werte ergäbe – immerhin würde man in diesem Fall die Anteile auf das 2,2-fache des Ursprungswerts erhöhen. Um hier konservativ zu schätzen wird stattdessen das untere Konfidenzintervall des Anteils der Knollenhornsteine am Arnhoferer Hornstein in Bad Abbach herangezogen (45,6 %). Daraus ergibt sich dann eine Erhöhung auf das 1,8-fache für die östlich des Bergwerks gelegenen Anteilswerte („Bad Abbach-Faktor“), während für die westlich gelegenen ein Faktor von 1,5 verwendet wird („Hienheim-Faktor“).

Dieser mit der Richtung verbundene Unterschied im Verhältnis Knolle zu Platte bei den weitergegebenen Stücken lässt sich einfach erklären. Nach Osten und Südosten, von Niederbayern bis Niederösterreich, standen mit Ausnahme des Flintsbacher Rohmaterials keine andere Silices zur Verfügung. Auch knollenförmige Stücke waren deshalb stets willkommen. Nach Westen und Nordwesten, im Bereich der schwäbisch-fränkischen Alb, konnten die Menschen stets auch auf andere Hornsteine zurückgreifen. Dass hier bereits in der Bandkeramik die plattenförmige Variante häufig weitergegeben wurde, ist als Indiz für einen Tausch von Hand zu Hand anzusehen.

In diesem Fall spielten neben den ökonomischen und funktionalen Aspekten immer auch andere Fragen eine Rolle (s. o. 4.1.3.). Wenn man Material weitergab, dann eher die besonderen Stücke, nämlich die nicht alltäglichen Platten. Knollen hatten die Nachbarn in dieser Region ja schließlich selbst genug.

Die *Berechtigung eines Korrekturfaktors* kann angezweifelt werden. Verhält sich denn die Relation zwischen Knolle und Platte grundsätzlich in weiten Landstrichen immer gleich? An dieser Stelle kann eine unerwartete Beobachtung als Hinweis auf die Richtigkeit des Vorgehens herangezogen werden. Für die nicht in die Interpolation einbezogene Fundstelle Rutzing gibt Binsteiner den Anteil von Arnhofener Hornstein mit 18,33 % an (55 von 300 Stück; BINSTEINER 2005, 128 Tab. 68). Die Angabe umfasst also sowohl die Knollen- wie die Plattenvariante des Arnhofeners. Ohne den für die östlichen Fundstellen eingesetzten Bad-Abbach-Faktor wäre also durchweg mit Werten interpoliert worden, deren Anteile um vier Neuntel geringer gewesen wären, als der nach dem Faktor errechnete. Unter Vorgriff auf das Ergebnis des nächsten Abschnittes (vgl. Abb. 4.5) gestatten die Angaben zu Rutzing nun, die mit diesem Faktor geschätzten Werte mit einer vollständigen Angabe (Knollen- und Plattenvariante) zum Arnhofen-Anteil zu vergleichen. Das Ergebnis ist überraschend deutlich. Die Karte schätzt an der Position von Rutzing mit dem Bad-Abbach-Faktor 18,0 %. Nach Überprüfung des Konfidenzintervalles für den Rutzinger Anteil (14,1 % bis 23,2 %) ergibt sich, die Verwendung des Bad-Abbach-Faktors führt zu akzeptablen Ergebnissen. Diese Übereinstimmung zeigt: *Die korrigierende Erhöhung der Hornsteinanteile um einen 'Knollenfaktor' war nicht nur notwendig, sondern auch angemessen.*

Angaben aus neueren Publikationen (HEIDE 2001; MATEICIUCOVA 2002) oder solche, bei denen nach eingehender Prüfung eine Verzerrung ausgeschlossen werden kann, werden ebenso wie Angaben von Bearbeitern, von denen mir die Arbeitsweise bekannt ist, nicht umgerechnet.

Ein logisches *Umsetzungsproblem* tritt dann auf, wenn Null Prozent Plattenhornstein ausgewiesen sind, der Fundplatz sich aber noch durchaus im potentiellen Verbreitungsgebiet des Arnhofeners Hornsteins befindet. Die Anzahl Arnhofener Knollenhornsteinstücke kann man aus einem Nullwert aber nicht ableiten. Die Daten bieten hier keinerlei Ansatzpunkt, um das Problem zu lösen. Es bleibt hier nichts anderes übrig, als in diesen Fällen die jeweilige Angabe von Null Prozent zu übernehmen.

*Alle Berechnungen* der folgenden Abschnitte basieren auf den veränderten Prozentwerten. Alle Angaben und Aussagen beziehen sich darauf, ohne nochmals auf diesen Sachverhalt hinzuweisen.

Es sei ausdrücklich betont, die in einigen Fällen nötige Umrechnung der originalen Prozentangaben war unabdingbar, um stark nach unten verzerrte Messwerte und Schätzwerte zu vermeiden. Das Beispiel Roggendorf 2 zeigt, dass auch in weit von der Quelle entfernten Fundplätzen neben der plattigen Variante auch der knollenförmige Hornstein zu erwarten ist. Deshalb waren grundsätzlich alle Angaben, ob zu nah oder weit vom Bergwerk entfernten Inventaren, auf die Anwendung eines Verrechnungsfaktors hin zu überprüfen.

In **Tabelle 4.2.** sind alle in die Berechnung einbezogenen Fundplätze bzw. Datenpunkte aufgeführt. Die Fundplätze sind nach drei Regionen geteilt (Süd bis Nr. 37, Ost bis Nr. 45 und West Nr. 46 bis 82), durchnummeriert, und intern in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet. Das Bergwerk erhielt dabei die Nummer 1. Die fünf zusätzlichen künstlichen Nullpunkte auf dem Alpenhauptkamm erhielten aus Gründen der Kompatibilität zu späteren Berechnungen mit vielleicht erweiterter Datenbasis laufende Nummern von Nr. 101 bis Nr. 106. In der Spalte 'Anzahl' wurde die absolute Häufigkeit von Artefakten aus Arnhofener Hornstein vermerkt. Verbindet man diesen Wert mit der Prozentangabe bzw. mit der modifizierten Prozentangabe, ist es möglich, die jeweiligen Grenzen der Konfidenzintervalle zu bestimmen. Anhand des Kurzzitats kann die oben beschriebene Behandlung einzelner Datengruppen nachvollzogen werden.

In der Spalte 'Faktor' ist der Verrechnungsfaktor ausgewiesen. Insgesamt wurde 27-mal die Prozentangabe verändert, 12-mal nach dem Vorbild von Hienheim und 15-mal nach dem von Bad Abbach.

#### 4.2.2. Verbreitung des Rohmaterials

Die Isolinienkarte für die geschätzte relative Häufigkeit des Arnhoferer Hornsteins (Platte und Knolle) stellt die Rohmaterialverbreitung in der zweiten Hälfte des Altneolithikums dar (**Abb. 4.5**). Die Karte behandelt in etwa den Zeitraum von 5200 v. Chr. bis 4950 v. Chr.

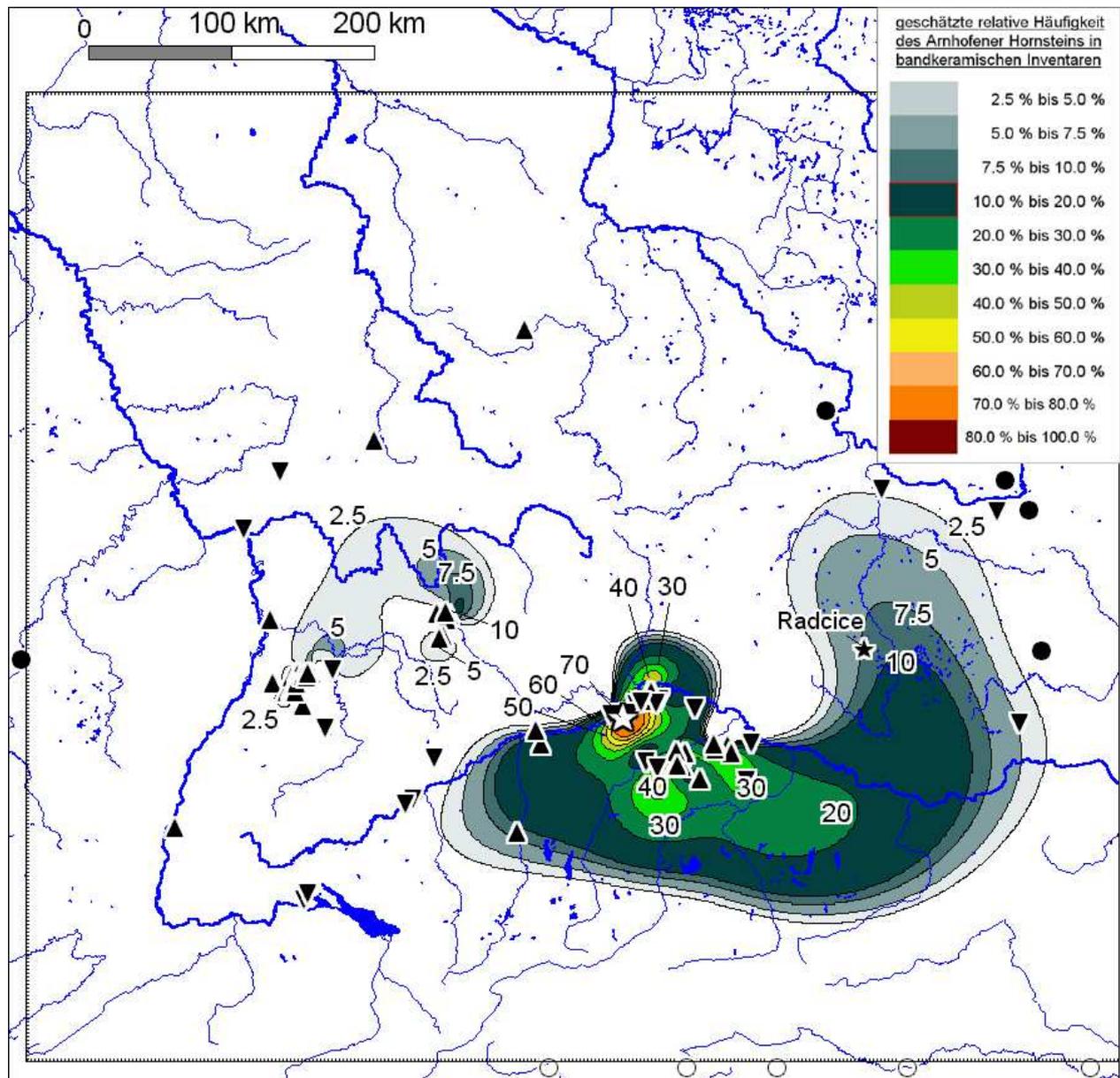


Abb. 4.5: Schätzung der relativen Häufigkeit von Arnhoferer Hornstein in Siedlungsinventaren der mittleren bis jüngsten Linearbandkeramik (ca. 5200 v. Chr. bis 4950 v. Chr.). Die Isolinienabstufung erfolgt im Bereich zwischen 10 % und 80 % in Zehnerschritten und unter 10 % in Zwei-Komma-Fünfer-Schritten. Dies ist durch theoretische Überlegungen begründet (siehe Text). Die Zahlen in der Karte sind zusätzliche Beschriftungen der Isolinien (zur Fundstellenart s. o. Legende von Abb. 4.3). Arnhofen ist mit einem weißen Fünfeck-Stern kartiert, der Fundort Radcice mit einem schwarzen.

Die der Isolinienkarte zugrunde liegende Rasterkarte wurde mit der Interpolationsmethode ‘minimum curvature‘ und entsprechend angepassten Parameterwerten berechnet (‘Maximum Iteration‘: 500000; ‘Maximum Residual‘: 0.01; ‘Relaxation Factor‘: 1.0; ‘Tension‘: 0; vgl. o. 4.1.2.). Die Auflösung beträgt 1 km Kantenlänge für die Rastereinheiten. Die Außengrenzen liegen im Koordinatensystem Universal-Trans-Merkator, Bezugsdatum WGS 84, Zone Nord 32 in der West-Ost-Achse bei 300 000 und 1 200 000 und in der Süd-Nord-Achse bei 5 170 000 und 5 700 000. Die Rasterkarte umfasst damit 477 000 Rastereinheiten (900 Spalten mal 530 Zeilen), was 477 000 km<sup>2</sup> entspricht. Aufgrund des Interpolationsergebnisses wurde der unbelegte östliche Kartenteil zwischen den Rechtswerten 1 050 000 und 1 200 000 nicht mit abgebildet. Die Kreuzbewertungsisolinienkarte zur Interpolation (‘cross validation‘; vgl. o. 4.1.1.) sowie das Semivariogramm zu den Messwerten (vgl. ebd.) sind im Anhang aufgeführt (s. u. 6.1.2.1.).

Wie oben erläutert (4.1.1.), führt die Interpolationsmethode ‘minimum curvature‘ zu Über- und Unterschwingern, die gelegentlich *Korrekturen an der Karte* erfordern. Dies tritt im Besonderen auf, wenn mehrere Messpunkte mit stark unterschiedlichen Messwerten am Rande eines von Messpunkten ungestützten Bereiches quasi hintereinander zu liegen kommen. Die Unterschwinger bzw. Unterschätzungen in der Bandkeramikkarte traten meist als unzulässige Negativwerte auf und konnten deshalb leicht entfernt werden (vgl. ebd.). Schwieriger gestaltete es sich bei den Überschätzungen, die die oben beschriebenen (ebd.), komplizierten GIS-Operationen – Stichwort “Logarithmisierung“ – nötig machten. Bei dieser Karte war nur der Zentralbereich (Ausschnitt: links unten 700 000 / 5 390 000, rechts oben 740 000 / 5 430 000; 41 mal 41 Rastereinheiten) um Arnhofen herum zu modifizieren. Hier lag, vom Bergwerk Arnhofen selbst abgesehen, als höchster empirischer Wert 70,6 % in der Siedlung Mitterfecking (Nr. 26) vor. Die Überschwinger erzeugten hier in Bergwerksnähe aber Bereiche mit über 100 % und damit starke Überschätzungen an bekannten Inventaren. Nach der Modifikation liegen die Spitzenwerte nur mehr zwischen 70 % und 80 %.

Aus praktischen Überlegungen heraus – direkt auf einem Bergwerk beträgt der Anteil (fast) immer 100 % – wurden nachträglich nochmals von Hand im Bereich der Bergwerksfläche auf sieben Rastereinheiten (zentrale Einheit 712 000 / 5 412 000) die Werte wiederum auf 99,9 % heraufgesetzt. Damit ist zum einen das nicht gestützte Überschätzphänomen beseitigt, zum anderen die empirische Relation gewahrt. Ein anderes Überschätzphänomen lag jenseits des Kartenrandes (x min = 1 070 000; y min 5 380 000) im Nordosten in der Slowakei. Es wurde gleichfalls überarbeitet, bleibt aber in jedem Fall wegen seiner randlichen Lage ohne Konsequenzen für die vorliegende Untersuchung und erscheint auch nicht in den Abbildungen.

Neben den Problemen in ungestützten Arealen, treten auch an den Messpunkten Unterschiede zwischen Messung und Schätzung auf. Die Differenz zwischen gemessenem, und an derselben Koordinate geschätztem Wert überschritt nur in 13 Fällen eine Höhe von drei Prozentpunkten. Im Durchschnitt lag sie bei vernachlässigbaren 0,27 % bei einer Standardabweichung von 2,46 Prozentpunkten.

Von den 13 größeren Abweichungen waren 4 Unter- und 9 Überschätzungen. Bei diesen Inventaren wurde überprüft, ob die Schätzungen außerhalb der Konfidenzintervalle für die Messwerte liegen. Bedenklich ist nur die Situation bei Niedertraubling VIII (Nr. 30) mit immerhin 15,4 % Unterschätzung. Da in der Publikation von Davis für diesen Platz keine absoluten Häufigkeiten angegeben wurden (ders. 1975), ist hier keine genaue Beurteilung möglich. Allerdings dürfte, was unwahrscheinlich ist, das Inventar maximal 31 Stücke umfassen, damit kein kritischer Wert auftritt. Im Fall von Niedertraubling war die Interpolationsmethode also vermutlich nicht in der Lage, den Messwert entsprechend abzubilden. Der Einfluss dieses Problems ist aber nur von geringer, lokaler Bedeutung und kann im Folgenden deshalb vernachlässigt werden. Alle 13 Differenzen traten –wie zu erwarten – dort auf, wo in kurzem Abstand sehr unterschiedliche Prozentwerte vorkamen. Betroffen sind die Region südlich von Regensburg, das untere Vilstal und das westliche Württemberg. Die Konfidenzintervalle ergaben in keinem der anderen 12 Fälle, die überprüfbar waren, einen kritischen Wert. Es trat also keine weitere Region auf, die bedenkliche Differenzen zwischen Interpolation und Messungen aufwies.

Für die Abbildung wurde eine Isolinienschrittfolge gewählt, bei der die Wertebereiche zwischen 10 % und 80 % in Zehn-Prozent-Schritte unterteilt wurden. Für die selten auftretenden Werte zwischen 80 % und 100 % wurde eine Kategorie gebildet. Da die bisherigen Forschungen zur Hornsteinweitergabe in der Bandkeramik beim Rijckholt-Feuerstein (ZIMMERMANN 1995, 107) und die ersten Überlegungen zur räumlichen Verteilung der Prozentwerte (s. o. 4.2.1.) in Richtung einer Weitergabe von Hand zu Hand deuten, erschien es besonders wichtig, das für diese Weitergabe typische Auftreten von geringen Mengen in größeren Entfernungen kenntlich werden zu lassen. Daher wurden die Werte von 2,5 % bis 10 % in Schritte von zweieinhalb Prozent unterteilt. Wegen des hohen Zufallseinflusses auf das Kartenbild am Rande der Verbreitung wurden Werte kleiner als 2,5 % nicht abgebildet (vgl. o. 4.1.1.).

Bei der weiter unten vorgestellten Karte zur Rohmaterialverbreitung im Mittelneolithikum (s. u. 4.3.) fanden sich dreimal nach Durchführung der Interpolation neue Inventare (Messpunkte), weshalb dieser Schritt auch mehrmals wiederholt wurde. So konnte in drei Fällen verglichen werden, welche Differenz zwischen dem zuvor geschätzten Wert und dem nachher an dieser Stelle eingesetzten Messwert bestand (s. u. 4.3.2. Abb. 4.14).

Bei der Bandkeramik ergab sich diese Möglichkeit nur einmal im Fall des böhmischen Radcice. Aus Zeitgründen wurde dieser Fundplatz nicht mit einberechnet. Es zeigt sich jedoch, dass zumindest die bandkeramische Karte in ihrem östlichen Abschnitt kaum noch verbesserungsbedürftig ist: Für Radcice mit seinen 6,25 % Arnhofen-Anteil (SIDA 2006, 416 Tab. 3) prognostiziert die Karte 8,0 %. Da es sich bei insgesamt 16 Silexartefakten nur um ein Stück aus Arnhofen handelt, bleiben die Konfidenzintervalle sehr unscharf (max. 30,2 % zulässig). Die Schätzung ist deutlich genauer als der Kanal der zulässigen Schwankungsbreite.

Unerwartet hoch ist die Übereinstimmung auch im Fall der oberösterreichischen Plätze Rutzing und Haid, die bereits im vorangehen Abschnitt 4.2.1. diskutiert wurden. Es sei daher nur wiederholt: Die Prognose von 18 % unterscheidet sich statistisch nicht von den gemeldeten 18,3 %. Wider Erwarten kann man also davon ausgehen, dass die Methode im östlichen Verbreitungsbereich leidlich zutreffende Schätzungen erzeugt.

Die oben im Abschnitt 4.2.1. aufgelisteten neuen Daten Binstainers hätten die bandkeramische Karte nur im Bereich des westlichen Franken etwas verändert (vgl. 2005, 107 Tab. 53 und 128 Tab. 68; vgl. u. 6.1.2.1.). Dabei ist zu berücksichtigen, dass viele der von ihm als bandkeramisch angesprochenen Oberflächenfundplätze Vermischungen mit mittelneolithischen Phasen aufweisen und daher überhaupt nicht zur Schätzung der wirtschaftshistorischen Bedeutung in der Bandkeramik herangezogen werden können.

Aus Zeitgründen war zwar eine Wiederholung aller Berechnungen dieses Teilkapitels (4.2.) unter Einbeziehung der Fundplätze von Sida und Binstainer nicht möglich. Es wurde jedoch versuchsweise eine Neuberechnung der Anteilskarte vorgenommen (s. u. 6.1.2.1.). Dabei zeigte sich, dass alle grundsätzlichen Aussagen dieses Kapitels auch bei einem neuen Datenstand gültig bleiben.

Die Isolinienkarte zur geschätzten relativen Häufigkeit des Arnhofener Hornsteins in bandkeramischen Inventaren des südlichen Mitteleuropa weist eine deutliche *regionale Gliederung* auf. Mehrere Regionen können nach den Prozentwerten und der Geschwindigkeit der Anteilsveränderung deutlich von einander abgegrenzt werden.

Da sind zunächst sehr hohe Anteilswerte, die eine *zentrale Zone* in einem Umkreis von etwa 10 km bis 15 km Entfernung um das Bergwerk herum bilden. Am Rand dieses Arealen nimmt der Anteil rasch um mehrere Zehnerschritte ab. Innerhalb liegen also die Siedlungen, die sich entweder direkt selbst versorgten, oder solche, die direkten Kontakt zu derartigen Siedlungen besaßen. Landschaftlich gesehen handelt es sich um mehrere Lössinseln und Tallagen am südlichen Rand der Frankenalb zwischen Donau, Großer Laaber und Abens.

Im Westen gehört Hienheim bereits nicht mehr zu dieser Region. Im Osten gilt das gleiche für Bad Abbach. Auch die Rohmaterialverbreitung widerspricht noch einmal der Annahme von Marjorie de Grooth (vgl. dies. 1994, 115), Hienheim gehöre zu den Siedlungen, die das Arnhofer Bergwerk benutzen durften. Besonders augenfällig wird dies, wenn man sich vergegenwärtigt, dass in der Siedlung Lengfeld-Dantschermühle (Nr. 22), die vom Bergwerk ca. 14 km in die Hienheim entgegen gesetzte Richtung lag und durch die Siedlungsgruppen am Esperbach und am Feckinger Bach von ihm getrennt wurde, der Anteil bei über 60 % liegt. Die Dantscher Mühle liegt am Südufer der Donau. Im nur etwa 9 km entfernten, nördlich der Donau gelegenen Hienheim erreicht der Arnhofenanteil nur etwa 35 % (Nr. 14). Im 17 km entfernten Bad Abbach dagegen beträgt der Anteil wieder 43,8 % (Nr. 4; vgl. o. 3.1.2.1.). Letzteres befindet sich wiederum nur wenige Kilometer donauabwärts von Lengfeld am Südufer des Stromes. Es macht den Anschein, als ob die Donau, die hier eine markante Landmarke bildet, auch eine Grenze zwischen Siedlungsgruppen darstellt. Nach Osten bzw. Nordosten hin könnte der Jurahöhenzug zwischen Pentling und Gebelkofen, beide Lkr. Regensburg, die Grenze zu den Siedlungen im Raum südlich von Regensburg bilden, die Binstener schon 1992 aufgrund andersartig zusammengesetzter Inventare als eigene Rohmaterialprovinz bezeichnete (ders. 1992). Nach Südosten gehören vermutlich die Siedlungen an der mittleren Großen Laaber um Langquaid, Kr. Kelheim, ebenfalls noch zur Kernzone um das Bergwerk. Gleiches gilt für den südwestlich anschließenden Raum um Siegenburg, Kr. Kelheim.

Außerhalb dieser Kernzone, im gesamten zur Alb gerichteten Sektor von West bis Nord unterliegen die Werte einer raschen Abnahme, bis sie in nur ca. 10 km bis 30 km Entfernung Null erreichen. Aber wie oben erläutert (s. o. 4.1.2.), sind auf Null gesetzte Interpolationswerte innerhalb der Verbreitungsgrenzen eigentlich als einstellige Prozentwerte nahe Null (!) anzusehen. Hier setzt also die Verbreitung des Arnhofer Hornsteins nicht einfach aus. Er ist in den Inventaren einfach nur sehr selten. Das Donautal aufwärts nimmt der Prozentsatz ebenfalls zunächst rasch ab. Aber bereits unterhalb der 30 % verlangsamt sich die Abnahme und besonders zwischen 20 % bis 10 % zieht sich eine große Ausbuchtung nach Westen. Der Vermutung, dieses Phänomen könnte möglicherweise künstlich durch die als Verzerrung bei Fundplätzen von Davis (Nr. 6 und 24) auftauchenden Paintener Plattenhornsteine verursacht worden sein (s. o.), widerspricht der neue Messwert von Kaufering (Nr. 17).

Damit deutet sich an, dass man schon in der Bandkeramik auch bei Reisen nach Norden dem Donautal mindestens bis etwa Ingolstadt folgte und erst hier oder weiter westlich über das Ries nach Norden abbog (vgl. u. 4.3.3.2.).

Weiter talaufwärts verringert sich der Schätzwert dann wieder schneller, um in der Ulmer Region auszusetzen. Dieses Aussetzen am Rand der Verbreitung ist ein historisches Phänomen. Jenseits davon sind nur im Ausnahmefall Funde zu erwarten. Im Süden zeigt sich, dass große Teile des westlichen bayerisch-schwäbischen Alpenvorlandes noch einstellige Prozentwerte aufweisen können.

Der eigentlich erstaunliche Befund für die Bandkeramik ist die Situation in *Niederbayern*. Nach der raschen Abnahme am südöstlichen Rand der Zentralzone setzt sich dieser Rückgang nach Süden hin weiter fort, und erreicht am Nordrand des Isartales Werte zwischen 25 % und 15%. Hier, bei etwa 50 km Entfernung zum Südrand der Alb, erfährt die Verbreitung eine Trendwende. Weiter nach Südosten, zum oberen Vilstal hin, nehmen die Werte wieder stark bis auf über 40 % zu. Dieser Streifen mit den geringen Werten nordwestlich der Isar ist eine Region, die von Arnhofen schon etwas entfernt ist. Von ihr aus sind aber zahlreiche andere Silexvorkommen auf der Alb (vgl. ZIMMERMANN 1995, 10f. Abb. 2) und entlang der Donau in einem langen Tagemarsch zu erreichen (BINSTEINER 2005, 152 Karte 6 und 7).

Weiter nach Süden liegen an der mittleren Isar und der oberen Vils Areale mit bis über 40 %. Erst durch die Interpolation zeigt sich, dass die Lage im Vilstal bereits in der Bandkeramik Ähnlichkeit mit der Situation aufweist, die Schötz anhand seiner Einzelwerte erst fürs Mittelneolithikum beschrieb (ders. 1988, 12). Bereits ab der LBK war diese Region demnach mehr zur Frankenalb als zur Donau hin orientiert. Das wird durch den Einfluss des Knollenhornsteinvorkommens von Flintsbach-Hardt deutlich (vgl. WEISSMÜLLER 1996, 7 Abb. 1). Im unteren Vilstal setzt der Arnhofener Hornstein erst in einem Abstand von über 20 km zur Gewinnungsstelle bei Flintsbach zunächst nur mit einstelligen Prozentwerten ein. Die eigentliche Zunahme auf zweistellige Werte liegt bei fast genau bei 30 km Entfernung. Hier manifestiert sich die von Bakels postulierte 'home range' zum zweiten Mal in unerwarteter Deutlichkeit (BAKELS 1978, 5ff.; vgl. o. 4.1.3.). Schon die Zentralzone um Arnhofen besitzt ja eine Größenordnung, die gut zu dem Konzept von Bakels passte.

Hier, an der unteren Vils, zeichnet sich durch den Rückgang des Arnhofeners quasi als Negativbefund diejenige Zone ab, deren Bewohner das Silexvorkommen von Flintsbach-Hardt zu ihrer 'home range' zählten und ganz auf den Eintauch von Arnhofener Hornstein verzichteten. Bei der Versorgung der vilsaufwärts gelegenen Plätze spielte er aber schon eine gewisse Rolle, wie an den meist um die 30 % liegenden Anteilen zu erkennen ist.

Die vom südlichen Niederbayern weit ins westliche Österreich und nach Südschechien hineinragende Region mit der langsamen Abnahme auf 20 %, dann auf 10 %, und schließlich auf Werte unter 2,5 % im Prager Becken und im Raum Melk, scheint von größeren Unsicherheiten betroffen zu sein. Wie jedoch der Fall Radcice zeigt, fallen selbst hier die Schätzungen unerwartet genau aus. So kann man an dieser Stelle nicht darauf insistieren, dass Plätze aus dem Donauraum Oberösterreichs Arnhofenanteile zwischen 25 und 5 % aufweisen sollten. Aufgrund der fehlenden Stützpunkte sind nämlich auch andere Konstellationen denkbar.

Wenn die Karte für Prognosen tauglich ist, sollten die von Trnka vorgestellten bandkeramischen Fundstellen im Raum Melk (ders. 2004) – bei Berücksichtigung der unsicheren Datenlage – Anteile zwischen einem und sechs Prozent besitzen. Als akut revisionsbedürftig in dieser Region würde sich die Isolinienkarte aber erst erweisen, wenn in der Wachau oder weiter östlich Inventare mit mehr als etwa 300 Stück Anteile von über 10 % aufweisen. Geringer ausfallende Abweichungen stehen aufgrund der Konfidenzintervalle nicht im Widerspruch zur Karte.

Das Aussetzen des Arnhofeners entlang der äußersten Isolinie zwischen Oberschwaben, Salzkammergut und Wiener Wald ist eine Funktion der Lage der künstlichen Kontrollpunkte auf dem Alpenhauptkamm. Hier könnten künftige Auswertungen noch stärkere Veränderungen hervorrufen. Das vom gleichen Problem wie das nordwestliche Österreich betroffene südwestliche Tschechien besitzt fast keine Besiedlung, eventuelle nachteilige Effekte sind hier also zu vernachlässigen.

Die südlichen Teile *Zentralböhmens*, das dicht besiedelte Prager Becken und das östliche Pilsener Becken, sowie *Westmähren* liegen mit einstelligen Anteilen unter 5 % am Rand dieser Ausbuchtung der Verbreitung. Hier erfasst man mit der Karte zum ersten Mal weit von der Quelle entfernt liegende Siedlungsgebiete (Pilsener Becken: 170 km; westliches Mähren: 270 km), in denen das Rohmaterial in quasi 'homöopathischen Dosen' auftaucht. Wozu sollte man sich damit versorgen? Auch wenn man den Fundplatz Radcice mit seinen 6,25 % mit berücksichtigt, die geringen Anteile zeigen klar die ökonomische Bedeutungslosigkeit des Arnhofeners in Böhmen. Und doch erreichte jeweils noch eine Handvoll Stücke die Siedlungen in Mähren. Ist auch die Entwicklung der Anteile innerhalb der Ausbuchtung der äußersten Isolinie (2,5 %) in Südwesttschechien kritisierbar, so wird doch der Rand in den interessanten tschechischen Regionen – bis auf das Pilsener Becken – gut von Messpunkten gestützt. Die Befunde dort sind also ernst zu nehmen. Die geringen Anteile in großer Entfernung sind in diesem speziellen Fall als Anzeichen direkter Kontakte vom Pilsener Raum nach Niederbayern anzusehen, liegt doch ein breiter unbesiedelter Streifen bewaldeten Ödlandes zwischen der Arnhofener Zentralregion und den tschechischen Gebieten.

Damit bestätigt sich beim Arnhofener Hornstein eine weitere Beobachtung Zimmermanns, wonach gerade Mittelgebirge die Weitergabe von Silex sogar fördern konnten (ders. 1995, 128).

Für einen 'normalen' Tausch von Hand zu Hand fehlten durch den Ödlandstreifen den Bewohnern der Region Pilsen die Mittelsmänner. Hier dürften die Kontakte tatsächlich direkt die etwa 80 km zu den nächsten Siedlungen westlich des Waldes überbrückt haben. In besonderen Fällen konnten offensichtlich auch bei dieser Weitergabeart größere Abstände überwunden werden. Jedenfalls dürften die im Bereich des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges vorliegenden Nullwerte tatsächlich der prähistorischen Realität entsprechen.

Die cursorisch für das westliche Pilsener Becken vermeldeten Arnhofen-Anteile von bis zu 80 % in der jüngsten Bandkeramik (vgl. BŘICHÁČEK/METLIČKA 2002, 33) stellen bereits die Initialphase der unten als mittelneolithisch beschriebenen Entwicklung dar (s. u. 4.3.3.1.), und sind nicht mehr mit der 'normalen' bandkeramischen Weitergabeart zu verbinden. Auch wegen der vagen Orts- wie Zeitbestimmung wurden diese Ausnahmewerte nicht in die Interpolation aufgenommen.

Arnhofener Hornstein gibt es auch in dem auf der Karte leer bleibenden *Nordsektor*. Die Inventare von Eggenbach und Kalefeld wurden ja bei der Berechnung nicht berücksichtigt (s. o. 4.2.1. Abb. 4.3). Es gilt wiederum obige Aussage zur Deutung der Nullbereiche. Die Schließung dieser schmerzlichen Datenlücken wird zeigen, ob hier in Wirklichkeit eine eher dem oberen Donautal vergleichbare Verbreitung mit einem sanften Anteilsrückgang vorliegt, oder eine Situation wie im weiter unten beschriebenen westlichen Franken. Unsicher ist also, ob das Aussetzen der Verbreitung im Bereich der nördlicheren Fränkischen Alb der Datenlage geschuldet ist oder nicht. Wie dem auch sei, die Karte weist jedenfalls für den Westen und Norden die gesamte Fläche der Fränkisch-Schwäbischen Alb sowie einen pufferartigen, etwa 40 km breiten Streifen Albvorland als weitgehend frei von Arnhofen aus.

Auch hier ist jedoch wieder die Interpretation der Nullbereiche zu berücksichtigen. Die riesigen Inventare der Ulmer Region (Nr. 54, 60 und 78) mit ihren Arnhofenanteilen im Promillebereich legen nahe, dass Anlieger der an Rohmaterial sehr reichen Alb kaum Arnhofener eintauschten. Vom Zentrum Arnhofen aus gesehen liegen erst wieder weit 'hinter' der Alb Regionen, in die etwas mehr Hornstein gelangte.

Es handelt sich um zwei in ihren Anteilen einander sehr ähnliche Gebiete, das westliche *Franken* (> 130 km) und das *westliche Württemberg* (> 190 km). In beiden tauchen inselartig kleine Areale mit Arnhofener auf, die durch weitgehend fundlose Bereiche getrennt werden. Die Isolinie (2,5 %), die beide Regionen im Nordwesten verbindet, ist vielleicht aufgrund einer zu geringen Messpunktdichte entstanden.

Andererseits könnte sie auch als Ausdruck des Trends verstanden werden, nach dem in beiden Regionen grundsätzlich Arnhofener mit einstelligen Prozentwerten auftritt.

Spannenderweise erscheinen diese 'Inseln' in Franken und Württemberg nun in Landschaften, die ihrerseits immer etwas mehr als 40 km von der Alb nach Westen und Norden entfernt sind. Damit sind sie zu weit von den Rohstoffen der Alb entfernt, um diese noch zu ihrer 'home range' zählen zu können. Und gerade hier wird nun der (indirekte!) Kontakt zu den an Silexvorkommen reichen Albregionen stärker gepflegt, was sich in dem wieder leicht gestiegenen Arnhofenanteil manifestiert. Die Größenordnung ist dabei aber so gering, dass das Auftreten von Arnhofener eher als Epiphänomen anderer Aktivitäten anzusehen ist, denn als Ausdruck einer eigenständigen ökonomischen Praxis. Damit weist die Karte sowohl in Zentraltschechien als auch im südwestlichen Deutschland Regionen auf, in denen in größerer Entfernung zum Bergwerk Arnhofener Hornstein mit einstelligen Prozentwerten auftritt. Dass in Südwestdeutschland zunächst die Verbreitung aussetzt, bevor wieder höhere Prozentwerte auftreten, ist der Beseitigung der Negativschätzungen zu verdanken. Wie erläutert (s. o. 4.1.2.), sind solche Bereiche innerhalb der Verbreitungsgrenzen eher als Regionen mit sehr niedrigen Anteilen zu verstehen. Damit unterscheidet sich die scheinbar inselartige Verbreitung nicht grundlegend von der Situation in Tschechien. Bedenkt man, dass der Bereich westlich des Bergwerkes wesentlich besser mit Daten gestützt ist als der östlich davon, dann könnte man sogar mutmaßen, in beiden Großräumen sei eigentlich dasselbe Phänomen vorhanden, nämlich beinahe flächendeckend geringe Anteile mit inselartig eingestreuten, etwas höheren Werten. Im Osten ist diese Situation aufgrund der fehlenden Stützpunkte nur eben nicht so gut erfassbar wie im Westen.

Ein interessanter Aspekt der Verbreitung ist, dass in der Bandkeramik keine größeren Güterströme auf die *Donau* ausgerichtet sind. Im Gegenteil, entlang der Donau fallen die Anteile innerhalb weniger Tagesreisen auf unter 10 %, während sie nach Süden im Hügelland in gleicher Entfernung noch ein Mehrfaches betragen. Bei einem Streben nach Minimierung der Transportkosten sollte aber gerade der umgekehrte Fall zu erwarten sein, denn große Lasten konnten am ehesten auf dem Wasserweg transportiert werden. Diese Situation stellt eine strukturelle Ähnlichkeit mit der Verbreitung des Rijckholt-Feuersteins dar. Zimmermann konnte zeigen, dass bei diesem von Hand zu Hand weitergegebenen Rohmaterial das Gewässernetz keine Rolle spielte (ders. 1995, 127f.). Dass es sich beim Arnhofener Hornstein genauso verhält, ist ein weiterer Hinweis auf diese Art der Weitergabe.

An diesem Punkt der Auswertung gilt es, mehrere Resultate festzuhalten. Sowohl als Positivbefund (Zentralregion um Arnhofen) wie als Negativbefund (Einfluss des Flintsbacher Silex an der Donau und im unteren Vilstal) zeichnen sich in der Interpolation 'home ranges' ab.

Die jenseits dieser Areale liegenden Siedlungen versorgten sich also nicht direkt mit den jeweiligen Rohstoffen (Arnhofen und Flintsbach). Im Fall des Arnhofeners ist die Kontaktzone ('contact zone') bzw. die Region, für die das Bergwerk innerhalb der 'home range' der dortigen Siedlungen lag, sogar relativ klein (25 km SW-NO, mal 15 km NW-SO).

Im *zentralen Niederbayern*, einer an Silexrohstoffen armen Gegend, weist die Verbreitung eine merkwürdige Eigenheit auf: Der Anteil nimmt nach einem starken Rückgang nochmals deutlich zu, bevor er wiederum bis zur Bedeutungslosigkeit abnimmt. Außerhalb des südöstlichen Bayerns liegen in Entfernungen zwischen 130 km und 270 km Regionen, in denen entgegen dem nahe Null liegenden Trend in der weiteren Bergwerks Umgebung (30 km bis 130 km) wieder ein geringer Anteil auftritt.

Für die Bandkeramik gibt es einige Hinweise darauf, welche *Form* die *weitergegebenen Hornsteinstücke* hatten, also ob als Kern oder nutzbare Grundform (Klingen und Abschläge). Die Bergwerkssiedlung Mitterfecking und die anderen Plätze in der unmittelbaren Bergwerks Umgebung erhielten das Material sicher als (Voll-)Kern oder sogar als Rohplatte (s. o. 3.1.2.2.). Gleiches gilt für die nahe der Donau gelegene Siedlung von Lengfeld "Dantscher Mühle" (BURGER-SEGL 1998, 28). Auch nahe der Arnhoferer Zentralzone gelegene Siedlungen wie Bad Abbach (s. o. 3.1.2.2.) und Hienheim (DE GROOTH 1994, 116 Tab. 9) erhielten das Material noch in Form von Kernen. Nach Osten gelangten Kerne sicher bis in den Raum südlich von Regensburg. Dort erreichen alleine die Kerne aus Hornsteinplatten noch bemerkenswerte Anteile. In Niedertraubling I (Nr. 28) liegt er bei 4 %. Von insgesamt 636 Artefakten bestehen 75 Stück oder 11,2 % aus Plattenhornstein. Und unter den letzteren treten 3 Kerne auf (DAVIS 1975, 53 Diagramm 2). Weiter südlich in Gebelkofen (Nr. 9) sind es noch 2,8 % aller Plattenhornsteinartefakte. Bei insgesamt 1018 Artefakten waren 177 oder 17,4 % aus Plattenhornstein wovon wiederum 5 Kerne waren (0,5 % von 1018; DAVIS 1975, 52 Diagramm 1). Nach Westen gelangten Kerne mindestens bis in den Raum nördlich von Ingolstadt. In Dezenacker (Nr. 6) beträgt der Anteil der Kerne an den Plattenhornsteinartefakten sogar noch 7,3 %. Bei insgesamt 1149 Stück bestanden 123 bzw. 10,7 % aus Plattenhornsteinartefakten. Der Anteil der Kerne aus Arnhoferer Hornstein betrug 0,8 % an allen Stücken. Das entspricht einer Anzahl von 9 bzw. 7,3 % der Plattenhornsteinartefakte (DAVIS 1975, 55 Diagramm 4).

Ob auch die Region mit dem wieder ansteigenden Anteil im zentralen Niederbayern an der oberen Vils regelhaft mit Kernen versorgt wurde, wird aus den Daten von Schötz nicht klar. Dort sind die Rohmaterialien der Kerne nicht aufgeführt (ders. 1988, 12 Tab. 1: Zeile 1 bis 4, 8, 12, 13, 15 und 18 bis 21). Es ist daher unklar, ob der durchschnittliche Kernanteil von 7,2 % auch für den Arnhofener Hornstein gilt. Wenn, dann wäre dies ein höherer Wert als in der Zentralzone um Arnhofen (Mitterfecking 5 %).

Zieht man die Auswertung von Grillo hinzu (dies. 1997), kann man in der Tat annehmen, dass diese Größenordnung zutrifft. Dafür wurden jeweils die zu ihrer Rohmaterialkategorie Lengfeld-Arnhofen gemachten Angaben verwendet und die Zahlen für Kerne und Kerntrümmer zusammengezählt. So erreicht der im Gäuboden gelegene Fundplatz Straubing-Lerchenhaid (Nr. 33) einen extrem hohen Anteil von 17,0 % (48 von 283: GRILLO 1997, 94). Im Isartal, nur 15 km westlich der Fundplätze von Schötz im oberen Vilstal, weist Altdorf-Aich (Nr. 2) mit 12,8 % ebenfalls einen sehr hohen Wert auf (23 von 180: GRILLO 1997, 16). In Künzing-Bruck (Nr. 19) im unteren Vilstal beläuft sich der Anteil von Kernen und Kerntrümmern zusammen auf 11,2 % (41 von 365: GRILLO 1997, 58). Und selbst im südöstlichsten bayerischen Fundplatz in Untergaiching (Nr. 35) beträgt dieser Wert immerhin noch 4,3 % (3 von 69: GRILLO 1997, 104). Selbst wenn man die Zahlen von Grillo für problematisch hält und beispielsweise nur ein Drittel dieses Niveaus akzeptieren möchte, ergäben sich immer noch beachtliche Anteile.

Kerne müssen aber auch noch Niederösterreich erreicht haben, wie der singuläre Kern aus der Fundstelle Roggendorf 2 bei Melk in Niederösterreich nahe legt (s. o. 4.2.1.). Die 72,7 % "Präparationsreste" aus dem Siedlungsinventar von Rutzing bei Linz (40 von 55 Arnhofenartefakten; BINSTEINER 2005, 128 Tab. 68), gemeint sind wahrscheinlich Abschlüge, beweisen indirekt, dass hier Kerne aus Arnhofener Hornstein vor Ort bearbeitet wurden.

Zusammengefasst ergibt sich, dass die Anteile der Kerne zwischen Arnhofen und Regensburg nur wenig zurückgehen und weiter im Südosten sogar wieder ansteigen. Das ist gut mit einer Weitergabe von Hand zu Hand zu vereinbaren, bei der die näher an der Quelle liegenden Stationen Kerne an die nachgeordneten Tauschpartner weitergeben und deshalb nahe dem Bergwerk der Anteil der (verbrauchten) Kerne kleiner ist, als bei den nachgeordneten Tauschpartnern.

Hier kann man bereits einige *Vergleiche mit anderen Rohmaterialverbreitungen* anstellen. Eine Rohmaterialversorgung, die vor allem auf der Weitergabe von Kernen basierte, war bisher in zwei mittel- und südosteuropäischen Regionen während der Bandkeramik belegt. Im westlichen Mitteleuropa wurde der Rijckholt-Feuerstein so weitergegeben (ZIMMERMANN 1995, 100 Abb. 33).

Im südöstlichen Mitteleuropa waren es der Wolhynien-Feuerstein und der nordungarische Obsidian (vgl. KACZANOWSKA 1985, 55 bzw. 65f.). Mit der Weitergabe von Arnhofener Hornstein in Form von Kernen ist auch für die Region zwischen diesen beiden Räumen die gleiche Form in der Weitergabe belegt.

Vertauscht man überwiegend Kerne, ergibt sich auch eine Konsequenz für die Arbeitsteilung bei der Silexverarbeitung. Kerne ermöglichen eine Produktion von Grundformen bei Bedarf und in "Eigenregie". Dies spricht zusätzlich zu den oben angeführten Argumenten (s. o. 3.1.2.2.) gegen eine Spezialisierung bei der Hornsteinverarbeitung während der Bandkeramik. Sowohl nahe der Quelle als auch in den weiter entfernten Abnehmersiedlungen konnte jeder bei solch einer Versorgungslage seine eigenen Klingen und Geräte herstellen.

Für Vergleiche der bisherigen Ergebnisse der Kartenanalyse liegt seit kurzem neben der Studie von Zimmermann (ders. 1995) mit der Arbeit von Sida (ders. 2006) eine weitere Veröffentlichung vor, die Rohmaterialanteile mittels Interpolationskarten abbildet. Vergleicht man sie mit den Resultaten von Zimmermann, so sind zunächst drei Ähnlichkeiten zu nennen, die vor allem die Situation beim Rijckholt-Feuerstein in der südlichen Wetterau und die beim Arnhofener Hornstein im zentralen Niederbayern betreffen.

Erstens nimmt auch dort nach einer rückläufigen Tendenz der Anteil des Rohmaterials in einer rohmaterialarmen Region wieder zu (a. a. O., 112 f. Abb. 37). Beim Arnhofener ist dieser Effekt in Niederbayern allerdings deutlicher ausgeprägt als beim Rijckholt in Hessen.

Als zweite Ähnlichkeit ist die Größenordnung des Wiederanstieges der Anteile beim Rijckholt und beim Arnhofener zu nennen. Sie ist bei beiden beinahe gleich und beträgt jeweils etwa 50 % (Nr. 20 Landshut-Sallmannsberg: 50,9 %; vgl. a. a. O., 111 Abb. 36 Nr. 87 Frankfurt-Harheim: 55,2 %).

Die dritte Ähnlichkeit betrifft den Anteil der Kerne. Dieser Wert ist beim Rijckholt in der südlichen Wetterau (4,3 %, ZIMMERMANN 1995, 76 Abb. 24 W-S) wesentlich höher als nahe der Quelle im westlichen Rheinland (maximal 2,1 %, a. a. O. Nr. 15). Beim Arnhofener treten ebenso in größerer Entfernung um die Quelle höhere Kernanteile auf, die zudem ebenfalls etwa dem doppelten der Werte nahe der Quelle entsprechen (s. o.). Da der Rijckholt-Feuerstein das Paradebeispiel eines 'down the line' weitergegebenen Rohmaterials darstellt, kann man bereits vor der Untersuchung der Beziehung zwischen Anteilsabnahme und Entfernung (s. u. 4.2.3.) auch beim Arnhofener Hornstein in der Bandkeramik von einer Weitergabe von Kernen innerhalb eines Hand-zu-Hand-Systems ausgehen.

Es besteht aber auch ein deutlicher Unterschied zwischen der Verbreitung von Rijckholt-Feuerstein und der von Arnhofener Hornstein. Dabei handelt es sich um die Größe der Zentralzone. Wenn man dafür beim Rijckholt-Feuerstein die Achtzig-Prozent-Isolinie heranzieht (vgl. ZIMMERMANN 1995, 112 Abb. 37), umfasst sie immer noch das gesamte Rheinland und misst mindestens 50 km (West-Ost) mal 30 km (Nord-Süd). Und da nur der deutsche Teil der Verbreitung erfasst ist, dürfte die Zentralzone in Wirklichkeit noch etwas größer sein.

An dieser Stelle ist zu überlegen, was aus der Ähnlichkeit bei den Kernanteilen gefolgert werden kann. Das ist angesichts der oben diskutierten (s. o. 4.1.3.), ökonomisch effektiven Grenzen eines Hand-zu-Hand-Systems von besonderer Bedeutung.

Der erhöhte Kernanteil in den Regionen, die weiter von der Quelle entfernt liegen, ist darauf zurückzuführen, dass Kerne, die bis hierhin gelangten, schon weitgehend abgebaut waren. Nach einem neuerlichen Grundformabbau wurden sie aufgrund zu geringer Größe verworfen. Da das Rohmaterial diese Fundstellen immer wieder im gleichen Zustand weitgehend abgebauter Kerne erreichte, nahm hier der Kernanteil stark zu. Hier wurden ja die Kerne verworfen, die an den vorgelagerten Stationen abgebaut und dann wieder weitergegeben wurden. In dieser Region am ökonomisch effektiven Rand des Weitergabesystems gelangten also überproportional viele Kerne in den Abfall, während näher der Quelle Kerne fehlen, die weitergegeben wurden.

Man kann also bei diesen Regionen mit wieder zunehmendem Kernanteil von der "Zone der erschöpften Kerne" sprechen. Der drastische Rückgang der Arnhofen-Anteile im Bereich dieser Zone ist sehr wahrscheinlich mit Aussetzen der Weitergabe von Kernen verbunden. Wenn aus einer Region an die nachgelagerten Stationen kaum mehr Kerne, sondern nur noch nutzbare Grundformen weitergegeben werden, dann kann sich die Artefaktanzahl aus dem betroffenen Rohmaterial nicht mehr "vermehrten". Wenig verwunderlich nimmt damit auch die Häufigkeit des jeweiligen Rohmaterials jenseits der "Zone der erschöpften Kerne" schnell ab. Die Weitergabe *eines* Kernes und ein neuerlicher Abbau ist gleichbedeutend mit der Erzeugung *vieler weiterer* Artefakte, also eines potentiell höheren Rohmaterialanteils. Werden aber die Kerne nach jeweils einer bestimmten Anzahl von Stationen, an denen sie ständig weiter abgebaut wurden, schließlich verworfen, so liegt ab diesen Stationen des Weitergabesystems nur noch eine bestimmte, *nicht mehr vermehrbare* Anzahl von Halbfertigprodukten (Klingen; große Abschläge) vor.

Misst man die Bedeutung eines Rohmaterials über den Anteil der Stücke am Gesamtinventar, hat die beschriebene Situation gravierende Auswirkungen auf die Häufigkeiten in den nachgelagerten Stationen.

Wird der Silex immer in der gleichen Form weitergegeben, verringert sich aufgrund des Eigenverbrauchs der Beteiligten der Rohmaterialanteil bei jeder Station nochmals rapide gegenüber dem in vorgelagerten Stationen. In sehr weit entfernte Regionen gelangten dann in der Regel vor allem brauchbare Grundformen bzw. Geräte und nur noch sehr selten ein Kern. Das ist einfach zu erklären: Kerne, denen man auf den ersten Blick ihre weitgehende Erschöpfung ansieht, waren kein geeignetes Tauschgut mehr. Deshalb wird also nach einer bestimmten Anzahl von Weitergabestationen ein Rohmaterial nur noch in Form nutzbarer Grundformen bzw. Geräte weitergegeben. Will man ein Weitergabesystem anhand des unterschiedlichen Auftretens der Grundformen beurteilen, ist also stets die Struktur der Verbreitung, der Anteil und das Auftreten der verschiedenen Grundformen in die Erwägungen einzubeziehen. So kann man eine Zone herausarbeiten, in der man die erschöpften Kerne verwarf und eine diese Bereich umgebende Landschaft, in die noch vereinzelt Halbfertigprodukte oder Geräte weitergegeben werden.

Dadurch ergibt sich eine entscheidende Konsequenz für die Beurteilung eines Weitergabesystems. Wenn etwa in größerer Entfernung um die Quelle eines bestimmten Rohmaterials nur noch Geräte aus diesem Material vorkommen, so spricht das *nicht* gegen die Weitergabe von Hand zu Hand. Es kann sich ja, wie gerade erläutert, um die Regionen handeln, die zu weit 'hinten' in einem Hand-zu-Hand-System lagen und deshalb gar keine Kernsteine mehr erhielten, da diese bereits einige Stationen "weiter innen" schon bis zu Erschöpfung abgebaut worden waren.

Abschließend zur Bedeutung der Kernanteile kann man sagen, dass möglichst das ganze Bild einer Rohmaterialverbreitung betrachtet werden muss. Man darf nicht einzelne Aspekte herausgreifen, die dann mechanisch als Beleg für dieses oder jenes Modell gezählt werden.

Nach dieser Überlegung zur Bedeutung der Grundformen bei der Weitergabe ist noch einmal auf den Vergleich zwischen Zimmermanns Ergebnissen und den hier vorgelegten Resultaten zurückzukommen (vgl. ders. 1995). Ein weiterer Parallelbefund sind die mehrfach als deutliche Häufigkeitsunterschiede auftauchenden Grenzen in der Rohmaterialverbreitung (a. a. O., 114 und 118). Beim Arnhofener zeigen diese Grenzen jeweils deutliche Bezüge zur Nähe anderer Rohmaterialquellen (Vilstal: Flintsbach-Hardt; Alb: Jurahornsteinvorkommen) und entsprechen damit den von Ericson beschriebenen Verhältnissen bei den kalifornischen Obsidianen (ders. 1977, 115 und 117 Fig. 3; ders. 1981, 109).

Bemerkenswert sind vor dem Hintergrund der von Zimmermann vermuteten Stammesgrenzen die Grenze der Arnhofener 'contact zone' bei Hienheim und südwestlich von Regensburg (vgl. ders. 1995, 128), die jeweils mit einer potentiellen natürlichen Siedlungskammergrenze zusammenzufallen scheinen. Im Westen bei Hienheim ist an die hier schnell fließende Donau zu denken, im Osten an die Jurahöhen zwischen Lengfeld und Regensburg.

Erlaubt man sich danach Mutmaßungen über die Bewohnerzahl dieser Siedlungskammer, so erhält man, ausgehend von etwa 40 Siedlungen mit ca. 200 Haushalten in der oben umschriebenen Region eine Gruppe von vielleicht 1200 Menschen (bei 6 Personen pro Haushalt; vgl. ZIMMERMANN et al. 2004, 73). Auch wenn sich dahinter keine soziale Einheit verbergen sollte, stellen doch diese Personen bzw. die Haushaltsvorstände den Kreis der Kontaktpersonen dar, die bei einem Hand-zu-Hand-System für das Anknüpfen von Tauschbeziehungen zur Verfügung stehen (s. o. 4.1.2.).

Für spätere Größenvergleiche sei an dieser Stelle noch einmal auf den enormen Unterschied zur Größe dieser Personengruppe beim Tauschsystem des Rijckholt-Feuersteins hingewiesen. Zählt man dort die Haushalte innerhalb der 'contact zone' ergibt sich ein anderes Bild. Dabei liegen innerhalb der Achtzig-Prozent-Linie auf deutschem Gebiet und in den beiden nächstgelegenen Siedlungsgebieten auf belgischem bzw. niederländischem Boden mehr als 1600 Haushalte mit etwa 9000 Personen (a. a. O., 83 Abb. 15), also achtmal so viele Kontaktpersonen wie bei Arnhofen (vgl. u. 4.2.4. Abb. 4.10).

Aus den von Sida vorgelegten Karten eignen sich die Interpolationen für die mittlere und späte LBK zum Vergleich (ders. 2006). Sie betreffen die Verbreitung des nordwestböhmischen Quarzits (a. a. O., 414 und 412 Obr. 5), des Krumlovsky Les Feuersteines (a. a. O., 420 und 413 Obr. 6) sowie des eiszeitlichen Geschiebefeuersteins ("silicity glaciálnich sedimentu"; a. a. O., 413 und 418 Obr. 7) – ein Material, das in der hier verwendeten Rohmaterialansprache als Baltischer Feuerstein bezeichnet würde. Dort, wo die Interpolationen gut durch Datenpunkte gestützt sind, zeigt sich das gleiche Bild wie in dieser Studie. Ausgehend von zentralen Regionen mit sehr hohen Anteilen des jeweiligen Rohmaterials fallen sie nach wenigen Dutzend Kilometern auf Werte unter 30 %. Genauere Aussagen zu weiteren Tendenzen bei den Verbreitungen sind nicht möglich, da die dafür wichtigen Anteile unter 10 % nicht kartiert wurden. Im Fall der Quarzite und des Krumlovsky Les Feuersteins lassen sich sogar die Größen der Zentralzonen mit der des Arnhofeners vergleichen. Beim Quarzit ist jedoch zu bedenken, dass hier von mehreren Vorkommen auszugehen ist (ZIMMERMANN 1995, 11 Abb. 2: "Tu" und "Be"). Die Achtzig-Prozent-Isolinie mit mehr als 50 km Nord-Süd-Erstreckung und etwa dem Doppelten in der Ost-West-Achse fällt vermutlich deswegen so groß aus, weil sich bei der Kartierung die Verbreitungen von Quarziten aus mehreren näher beieinander gelegenen Quellen überlagern. Besonders gut zeigt sich der allgemeine Trend zu relativ kleinen Zentralzonen um die jeweilige Rohmaterialquelle in der LBK aber beim Feuerstein aus dem Krumlauer Wald. Hier ist die Zentralzone beinahe exakt genau so groß wie beim Arnhofener.

Abschließend ist mit Blick auf die folgenden Auswertungsschritte nochmals auf die Regionen hinzuweisen, die mit Unsicherheiten behaftet sind. Schwächen, die in der Interpolationskarte vorhanden sind, werden u. U. nicht nur weiter transportiert, weitere Verarbeitungsschritte können das Problem sogar noch verstärken. Das betrifft vor allem zwei Regionen, Nordbayern und das anschließende südliche Thüringen sowie das nordwestliche Österreich. Bei der Lektüre der weiteren Ergebnisse im folgenden Abschnitt ist dieser Sachverhalt stets zu bedenken.

### 4.2.3. Art der Weitergabe

In diesem Abschnitt wird die Isolinienverbreitungskarte einem Analyseschritt unterworfen, der es erlaubt, auf die Art der Weitergabe in der Bandkeramik zu schließen. Es sei betont, dass die Ergebnisse dieses Schrittes nur eine modellhafte Aussage dazu ermöglichen. Sie stellen nur die plausibelste Variante der Erklärungen dar, die für das vorgefundene Phänomen denkbar sind. Man meine aber nicht, bei den hier und weiter unten (s. u. 4.3.3.1.) entworfenen theoriebasierten Modellen handle es sich wegen des Einsatzes von Theorie um mehr oder weniger subjektive Spekulationen oder dergleichen. Epistemologisch gesehen sind historische Erkenntnisse über abstrakte Phänomene, die auf gut durchdachter Theorie gründen, genauso wie andere historische Aussagen auch immer nur die plausibelsten, methodisch gewonnenen Ergebnisse zum untersuchten Problem. Man tauscht bei diesem Vorgehen schlicht die Erkenntnissicherheit informationsarmer Detailaussagen, die der Auswertung zugrunde liegen, gegen – im jeweils spezifizierten Rahmen – allgemeingültigere Erkenntnisse. Solange dabei der Verlust an Erkenntnissicherheit wesentlich geringer ausfällt, als der Zugewinn an Erklärungspotential, ist einem solchen Vorgehen stets der Vorzug gegenüber einem Ansatz zu geben, der nur um der Skepsis willen skeptisch ist. Wer Abstraktion ablehnt, übersieht, dass informationstheoretisch gesehen Aussagen, die vom Detail abstrahieren, rein deskriptiven (Detail-)Aussagen immer überlegen sind.

Die Grundlagen des Vorgehens wurden im Abschnitt zur Methodik bereits erläutert (s. o. 4.1.1.). Hier seien die wichtigsten Punkte kurz wiederholt. Da eine Rasterkarte bzw. die aus ihr abgeleitete Isolinienkarte auch als dreidimensionaler Körper vorstellbar ist, kann man auch Querschnitte durch diesen legen. Waagrechte Schnitte – also planparallel zur zweidimensionalen Kartenebene – entsprächen schlicht einer Isolinienkarte, bei der nur zwei Wertebereiche erscheinen, solche, die geringere, und solche, die höhere Werte aufweisen, als die Höhe, in der die Schnittebene angesetzt wird. Entsprechend den oben vorgestellten Modellen ist die Beziehung zwischen Entfernung und der Entwicklung des Rohmaterialanteils besser durch Schnitte zu ermitteln, die senkrecht zur Kartenebene liegen. Beginnt man mit einem solchen Schnitt an der Rohmaterialquelle und lässt ihn von hier aus geradlinig nach außen zum Rand der Verbreitung laufen, erhält man den regionalisierten Bezug zwischen Entfernung und Anteilentwicklung. An diesem lassen sich nun problemlos die Kriterien überprüfen, die bei den ‘fall-off’-Kurven zur Identifizierung unterschiedlicher Weitergabearten entwickelt wurden. Während aber bei ‘fall-off’-Kurven hohe Werte in einer Region niedrige Werte in einer anderen Region, die gleich weit entfernt ist, bis zur Unkenntlichkeit überlagern können, kann man hier die repräsentativsten Bereiche auswählen und hat stets einen klaren Bezug vorliegen.

So können auch mögliche regionale Unterschiede bei der Weitergabe erkannt werden. Solche Schnittachsen müssen durch Kartensektoren gelegt werden, die repräsentativ für das untersuchte Phänomen sind.

Repräsentativität bedeutet in diesem Fall, die für die Schnitte gewählten Kartensektoren weisen keine Eigenheiten auf, die im Kartenbild selten auftreten. Außerdem ist die Güte der Interpolation in den einzelnen Sektoren zu berücksichtigen.

Man sollte also diejenigen Bereiche auswählen, die am geringsten von Aussageunsicherheiten aufgrund mangelnder Stützpunkte betroffen sind. Stehen beide Auswahlkriterien im Widerspruch, wird der Repräsentativität der Vorzug geben. Selbst eine gut durch Daten gestützte Ausnahmesituation sagt wenig über das untersuchte Phänomen aus und verspricht deshalb nur wenig Erkenntnisgewinn. Im umgekehrten Fall erhält man eine Aussage, die zwar mit größeren Unsicherheiten belastet ist, dafür aber das gesuchte Phänomen besser beschreibt. Deshalb ist diese Variante zu favorisieren. Schließlich ist die Vergleichbarkeit zwischen den beiden Zeitscheiben Alt- und Mittelneolithikum ein zentrales Anliegen der vorliegenden Untersuchung. Will man aber mögliche zeitliche Veränderungen für die geschnittenen Großregionen vergleichen, so sollten die Schnittachsen aus den verglichenen Zeiten ungefähr in die gleiche Richtung weisen und benachbarte Landschaften einbeziehen.

Die so erzeugten Querschnitte durch die Isolinienkarte entsprechen in ihrer Aussage den 'fall-off'-Kurven. Die dafür entwickelten schematischen Modelle können deshalb auch genauso gut auf die Querschnitte angewendet werden. Die Querschnitte wurden mit dem entsprechendem Modul aus der GIS-Software (MapInfo Professional Vertical Mapper 3.0) erstellt. Zur besseren Beurteilbarkeit des Kurvenverlaufes werden im Folgenden nicht nur die eigentlichen Graphen sondern auch zusätzlich die jeweils am nächsten gelegenen Stützpunkte (Messpunkte bzw. Inventare) der Interpolation mit eingetragen. Die Stützpunkte wurden dabei mit Symbolen entsprechend ihrer Fundstellenart abgebildet. Ihre X-Koordinate erhielten sie nach ihrer direkten Entfernung zu Arnhofen. Die Auswahl der Fundstellen orientierte sich an einem keilförmigen Sektor. Er wies bei jeder Schnittachse die gleichen Maße auf. Nahe Arnhofen misst er 10 km in der Breite, wobei je 5 km links und rechts der Schnittachse liegen. Nach außen weitet er sich leicht keilförmig. Aus diesem Kanal wurden die Fundplätze ausgewählt.

Bei Häufungen von Fundplätzen, die zu unübersichtlich vielen Eintragungen auf dem Querschnittsgraphen geführt hätten, wurden jeweils die am nächsten zur Achse gelegene Plätze ausgewählt. Mit zunehmender Entfernung wurde dieser Streifen breiter und breiter um am Ende bis 50 km zu messen. Der Winkel zwischen den Sektorenaußenkanten und der Schnittachse betrug bei der bandkeramischen Karte in allen Fällen  $8,6^\circ$ .

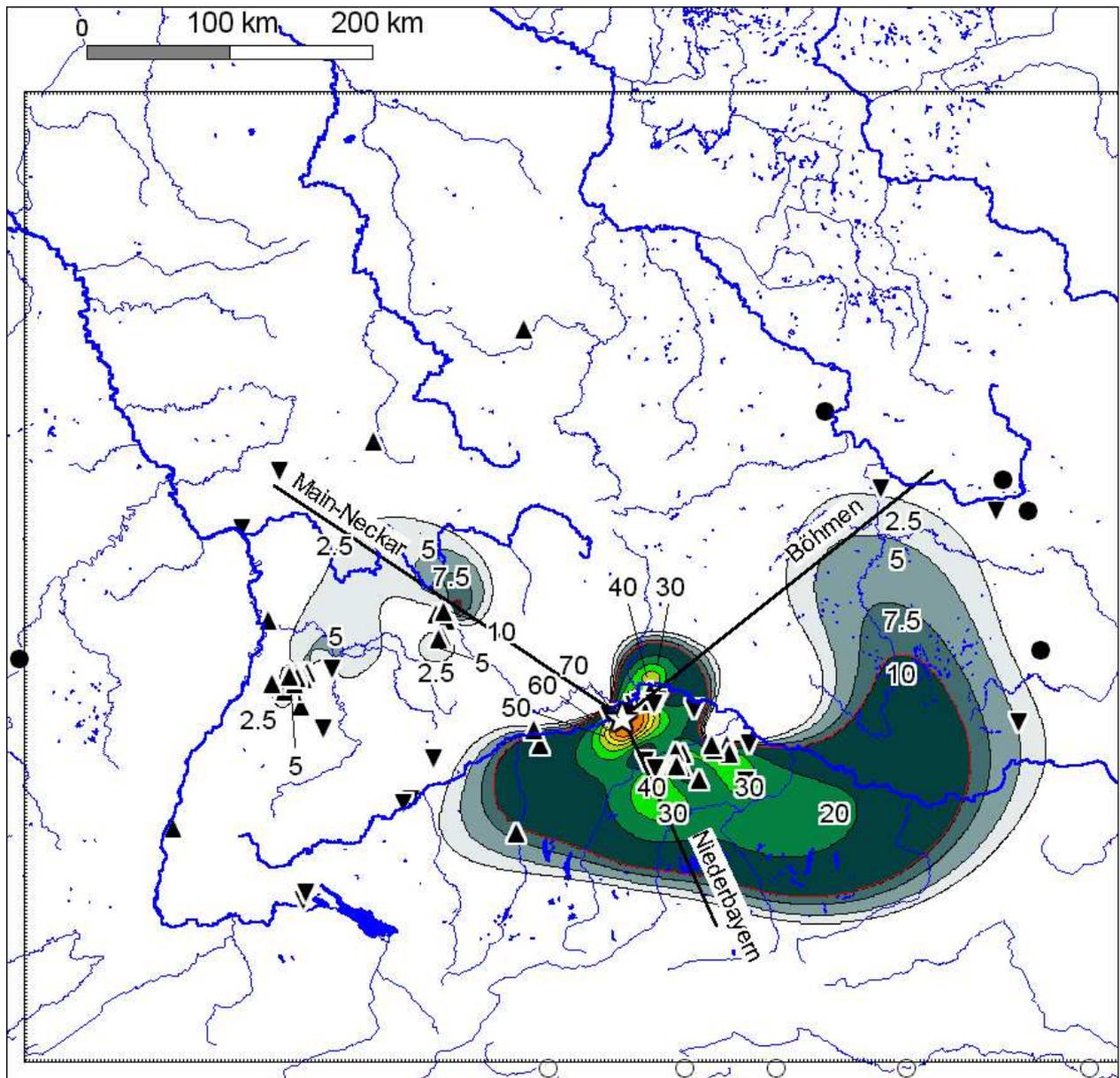


Abb. 4.6: Schätzung der relativen Häufigkeit von Arnhoferer Hornstein in Siedlungsinventaren während der mittleren bis späteren Linearbandkeramik (ca. 5200 v. Chr. bis 4950 v. Chr.) mit den Querschnitten durch die Isolinien ("Niederbayern", "Böhmen" und "Main-Neckar"). Die drei dicken schwarzen Linien zeigen ihre Lage. Abfolge und Kartierung der Isolinien entsprechen der Legende von Abb. 4.5 (s. o.). Die Zahlen in der Karte sind zusätzliche Beschriftungen der Isolinien (zur Fundstellenart s. o. Legende von Abb. 4.3). Arnhofen ist mit einem Fünfeck-Stern kartiert.

Ausgehend von den oben skizzierten Überlegungen wurden *drei Querschnitte durch die bandkeramische Verbreitungskarte* gelegt (Abb. 4.6). Alle beginnen im Kartenpunkt Arnhofen. Die Winkel sind im Uhrzeigersinn von Nord als Null Grad gezählt. Ein Schnitt erfolgte im Nordosten bei  $42,45^\circ$ . Mit ihm kann man die Entwicklung des Verhältnisses zwischen Anteil und Entfernung für die Zentralzone um das Bergwerk und die Veränderungen an ihrem Rand erfassen.

Dieser Schnitt zielt auf die Erfassung der Situation in Böhmen, ohne allzu sehr den Bereich im südlichen Böhmen einzubeziehen, in dem es wenige Messpunkte gibt. Diese Schnittachse wird im Folgenden als Querschnitt Böhmen bezeichnet.

Der zweite Schnitt nach Südsüdosten bei  $155,97^\circ$  gilt der Region Niederbayern. Bei diesem Winkel kann man die spannende Situation zwischen der Zentralzone und dem oberen Vilstal mit der Grenzzone zwischen Großer Laber und Isar analysieren und vermeidet es gleichzeitig weitgehend, das an Messpunkten arme südöstliche Bayern und westliche Österreich einzubeziehen. Diese Schnittachse wird als Querschnitt Niederbayern bezeichnet.

Der letzte Schnitt wurde in Richtung Nordwesten bei  $303,73^\circ$  angesetzt. Mit ihm wird exemplarisch für die gesamte nordwestliche Zone an Main und Neckar der untere Main bis zur Wetterau erfasst. Die Wahl dieser Ausrichtung erfolgte neben der Berücksichtigung repräsentativer Bereiche auch im Hinblick auf den Vergleich mit der Situation im Mittelneolithikum. Dieser Querschnitt trägt die Bezeichnung Main-Neckar.

Bevor hier zur genauen Betrachtung der Querschnitte übergegangen wird, ist auf die Problematik der Ansprache empirischer Querschnitte im *Vergleich zu idealisierten Graphen* hinzuweisen. Bei empirischen Kurven ist stets zu erwarten, dass sie gegenüber den Idealkurven grundsätzlich kleinere – und bei problematischer Quellenlage vielleicht sogar größere – Unregelmäßigkeiten aufweisen. Die Unregelmäßigkeiten werden nicht zuletzt durch verzerrende Überlieferungsfaktoren hervorgerufen. Außerdem zeigen sich bei dieser Art der Detailbetrachtung einer Interpolation auch solche rechnerischen Artefakte, die bei der Kartenbetrachtung zuvor kaum auffielen. Schließlich ist es denkbar, dass auch die konkreten historischen Ausprägungen eines Gesamtphänomens in einer bestimmten Größenordnung schwanken könnten. Ein unregelmäßiger Verlauf des Graphen kann also sowohl durch die Überlieferung als auch durch kleinere methodische Probleme und schließlich durch die historische Wirklichkeit selbst hervorgerufen werden. Klar identifizieren kann man nur die kleinen rechnerischen Artefakte.

Hier wirkt sich nun die verwendete Interpolationsmethode positiv auf die Erkennbarkeit historischer Zusammenhänge aus. Wie bereits dargelegt, erzeugt 'minimum curvature' die gleichmäßigste Oberfläche, die durch die Messpunkte gelegt werden kann (s. o. 4.1.2.). Da sich zudem ihre Wölbung mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit ändert, haben kleinere Schwankungen, die durch problematische Quellen bedingt sind oder zum Schwankungsbereich des historischen Phänomens gehören, keinen Einfluss auf den Verlauf des Graphen.

Der Querschnitt in Richtung *Böhmen* ist bis 280 km Entfernung ausgeführt (**Abb. 4.7**). Jenseits davon liegen nur ein empirischer Wert (Bylany Nr. 39) und ein künstlicher Kontrollpunkt.

Der Nahbereich um Arnhofen musste, wie erwähnt (vgl. o. 4.2.2.), modifiziert werden. Dieser Modifikation sind die Werte des Graphen zwischen 5 km und 15 km zu verdanken. Als allgemeiner Trend zeigt sich deutlich eine starke Abnahme in unmittelbarer Nähe des Bergwerks, an die sich ein langgezogener Bereich mit sehr niedrigen Werten anschließt, bevor die Kurve schließlich ausläuft.

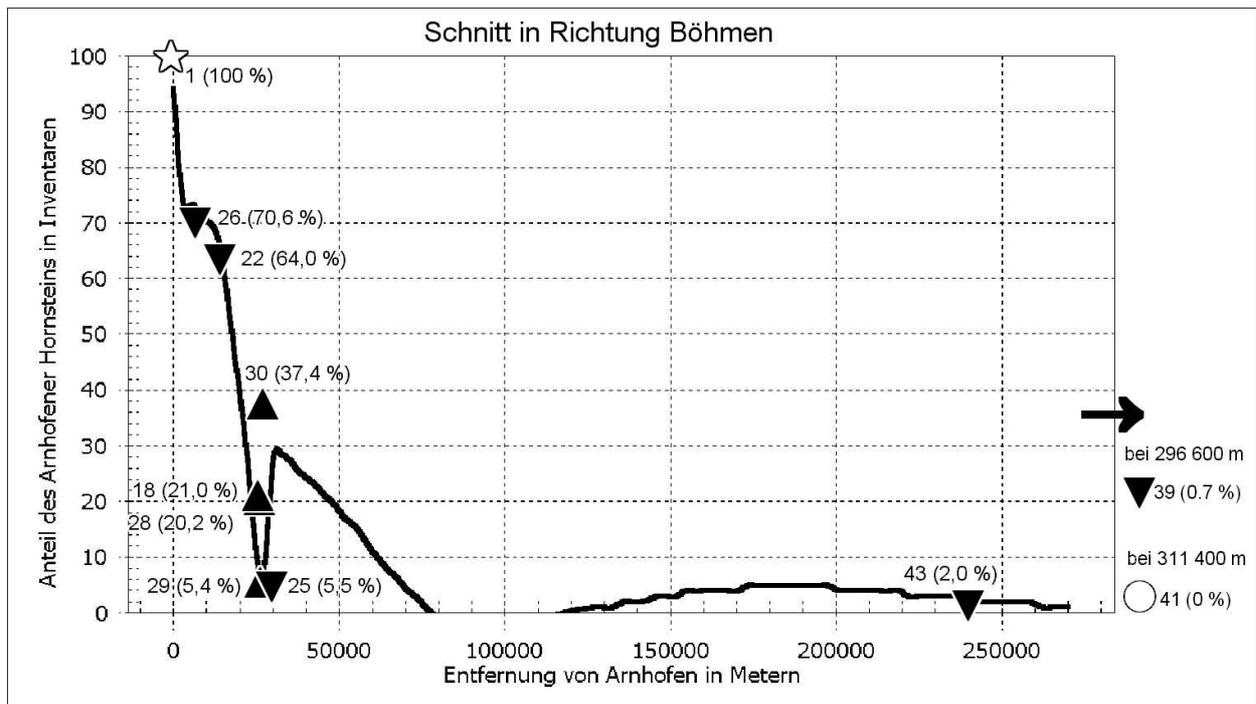


Abb. 4.7: Querschnitt in Richtung Böhmen während der Bandkeramik (5200 v. Chr. bis 4950 v. Chr.). Die Achse des Querschnitts durch die Isolinien weist von Arnhofen nach Nordosten (zur Lage der Achse s. o. Abb. 4.6 "Böhmen").

Auf der X-Achse ist die Entfernung von Arnhofen in Metern, auf der Y-Achse der geschätzte Hornsteinanteil in Prozent eingetragen. Der flach verlaufende Abschnitt des Graphen zwischen 5 000 m und 15 000 m ist durch eine mathematische Korrektur von Bereichen mit starken Überschätzungen bedingt (siehe Text). Fundstellen, die in einem schmalen Sektor beiderseits der Querschnittsachse liegen (siehe Text), wurden mit ihrer Nummer und dem verrechneten Prozentwert in Klammern auf dem Graphen eingetragen. Liegen Plätze jenseits der abgetragenen Entfernung, verweist am rechten Rand ein Pfeil darauf. Diese Plätze sind mit Entfernung, Fundstellensymbol und Prozentwert rechts neben dem Graphen aufgeführt. Die Nummerierung der Fundplätze ist in Tab. 4.2 und die Fundstellenart in Abb. 4.3 aufgeschlüsselt.

Sieht man genauer hin, so stößt man zunächst auf die Region in bis zu 10 km Entfernung vom Bergwerk, in der die Siedlungen liegen, zu deren 'home range' Arnhofen gehört. Danach beginnt zwischen 10 km und 25 km Entfernung ein extrem gut empirisch gestützter Bereich mit einer Anteilsabnahme von über 60 % auf unter 10 %. Es schließt sich ein ungestützter Bereich mit einer Zunahme auf fast 30 % an.

Die Erklärung für diese plötzlich wieder zunehmenden Anteile ist höchstwahrscheinlich die Reaktion der Interpolationsmethode auf die gleich weit entfernten und nahe benachbarten Plätze mit relativ unterschiedlichen Anteilen. Da keine Daten für die Region nördlich Regensburg vorliegen, entstand hier ein lokales Artefakt als Reflex des ‘minimum curvature‘. Diese Ausbuchtung ist die Reaktion – wieder metaphorisch gesagt – der elastischen Oberfläche, die einen anderswo aufgebauten Druck “ausschwingt“. Die Ursache dafür ist eine der oben erläuterten Wirkungen in einem durch Messpunkte ungestützten Bereich (s. o. 4.1.2.).

Würde man den Kurvenverlauf als einen etwas stärker verallgemeinerten Trend darstellen, so entspräche der Verlauf ohne Einschränkung einer exponentiellen Funktion der Entfernung. Durch das rechnerische Artefakt wird dieses Ergebnis zwar etwas unklarer, es ist aber trotzdem noch gut erkennbar. Das sich anschließende Absinken der Kurven auf Werte unter Null ist Ergebnis der Beseitigung unzulässiger Interpolationswerte (s. o. 4.1.2.) und sollte, wie gesagt, eigentlich als sehr geringer einstelliger Prozentwert verstanden werden. Die erneute Zunahme, die ab etwa 130 km einsetzt, überschreitet sogar 5 %. Das zeigt das mehrfach erwähnte Radcice. Solche Prozentwerte verdeutlichen, dass Arnhofener Hornstein in diesen Entfernungen für die Versorgung bedeutungslos war. Würde man auch diese Kurvenbereiche mit einer geringeren Auflösung wiedergeben und durch eine dem Gesamtkurvenverlauf angenäherten Funktion darstellen, so fände sich hier das für eine exponentielle Funktion typische langsame Streben des Graphen gegen Null (bei hohen Ausgangswerten).

Fasst man die Analyse dieses Graphen zusammen, so ergibt sich als gut erkennbares Bild ein Kurvenverlauf, der im Nahbereich innerhalb gewisser Grenzen zunächst nur durch einen schwach ausgeprägten Rückgang gekennzeichnet ist. Daran schließt sich ein rapider Rückgang an, dem wiederum ein weit ausgezogener Bereich mit langsam gegen Null strebenden Werten folgt. Es handelt sich also um eine Exponentialkurve, die von empirischen Verzerrungen betroffen ist (s. o.). Wie eingangs erläutert (s. o. 4.1.3.), ist ein solches Verhältnis zwischen Anteil und Entfernung ein eindeutiger *Beleg für eine Weitergabe von Hand zu Hand*.

Die mehrstufige Auswertung der Daten (Interpolation, Querschnitt) ergibt hier also einen klaren Hinweis auf die Art der Weitergabe. Dass er so klar ausfällt kann nur heißen: Das untersuchte Phänomen war großräumig stabil und seine Ausprägungen waren nicht von größeren Schwankungen betroffen – beides ebenfalls Kennzeichen eines Hand-zu-Hand-Systems.

Der Querschnitt *Niederbayern* ist nur bis 150 km Entfernung dargestellt, da jenseits davon der interpolierte Anteil aussetzt (**Abb. 4.8**). Dadurch ist lediglich ein künstlicher Kontrollpunkt nicht einbezogen. Auf die Stufe im Nahbereich um Arnhofen wurde beim Querschnitt Böhmen bereits eingegangen.

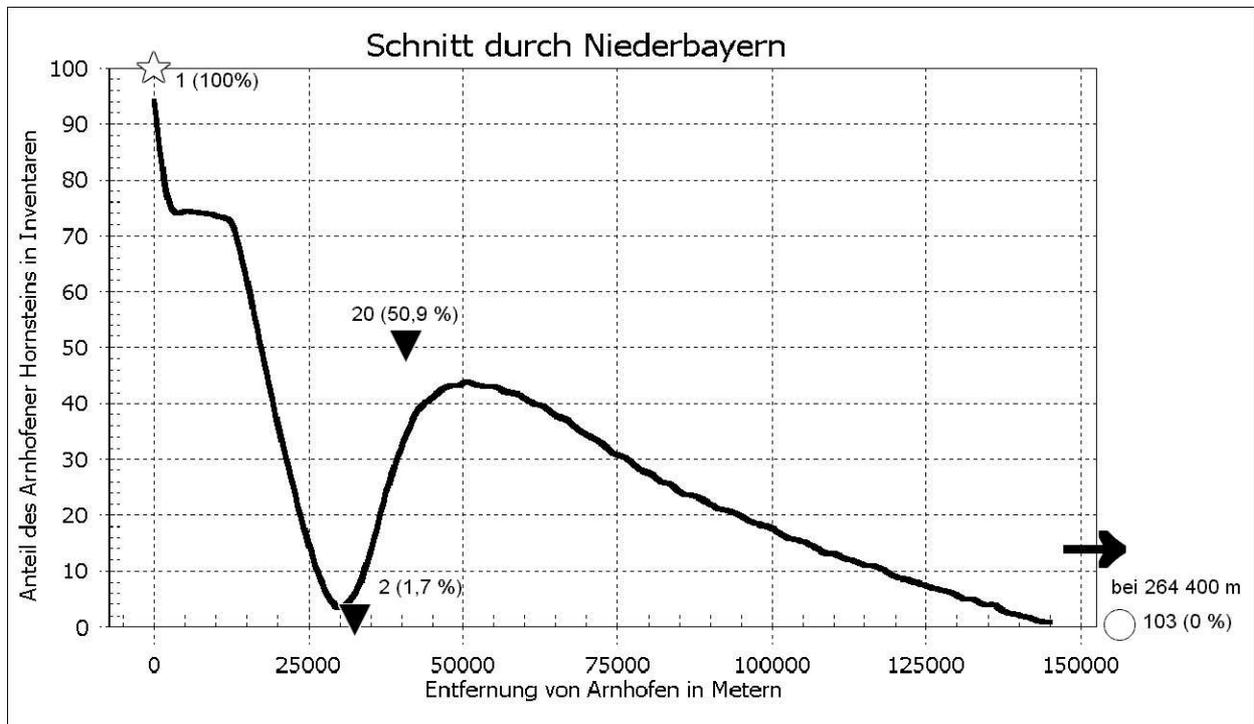


Abb. 4.8: Querschnitt in Richtung Niederbayern während Bandkeramik (5200 v. Chr. bis 4950 v.Chr.). Die Achse des Querschnitts durch die Isolinien weist von Arnhofen nach Südosten (zur Lage der Achse s. o. Abb. 4.6 "Niederbayern"). Auf der X-Achse ist die Entfernung von Arnhofen in Metern, auf der Y-Achse der geschätzte Hornsteinanteil in Prozent eingetragen. Der flach verlaufende Abschnitt des Graphen zwischen 5 000 m und 15 000 m ist durch eine mathematische Korrektur von Bereichen mit starken Überschätzungen bedingt (siehe Text). Fundstellen, die in einem schmalen Sektor beiderseits der Querschnittsachse liegen (siehe Text), wurden mit ihrer Nummer und dem verrechneten Prozentwert in Klammern auf dem Graphen eingetragen. Liegen Plätze jenseits der abgetragenen Entfernung, verweist am rechten Rand ein Pfeil darauf. Diese Plätze sind mit Entfernung, Fundstellensymbol und Prozentwert rechts neben dem Graphen aufgeführt. Die Nummerierung der Fundplätze ist in Tab. 4.2 und die Fundstellenart in Abb. 4.3 aufgeschlüsselt.

Der allgemeine Trend dieser Kurve überrascht nach der Beschreibung der Isolinienkarte zwar nicht mehr (s. o. 4.2.2.), er ist aber besonders vor dem Hintergrund des ersten Querschnittes immer noch verblüffend. Die Grenze der Zentralzone liegt auch hier bei 10 km bis 20 km. Danach jedoch erfolgt die bereits beschriebene Zunahme auf über 40 %. Der sich anschließende Rückgang ist eng mit der Lage der künstlichen Kontrollpunkte verbunden.

Bei diesem Rückgang kann nicht festgestellt werden, ob sein vermeintlich geometrischer Verlauf einer prähistorischen Realität entspricht, oder ob doch von einer exponentiellen Abnahme ausgegangen werden sollte.

Wie ist nun nach all den bisherigen Hinweisen auf einen Tausch von Hand zu Hand in der Bandkeramik dieser Kurvenverlauf zu beurteilen? Dabei hilft die oben festgestellte Ähnlichkeit dieser Situation mit der beim Rijckholt-Feuerstein (s. o. 4.2.2.). Dort konnte anhand der Inventarzusammensetzungen ein Tausch von Hand zu Hand nachgewiesen werden (ZIMMERMANN 1995, 73ff.). Ein Kurvenverlauf wie der hier vorgefundene ist daher immer noch mit dieser Art des Tausches vereinbar. Die Region, bei der die Rijckholtanteile wieder zunahmen, ist die Wetterau, eine dicht besiedelte Lössbörde mit wenigen Rohmaterialvorkommen. Dort bestand eine schlechte Versorgungssituation und die Entfernungen zu ergiebigeren Quellen waren relativ groß. Ähnlich ungünstig war die Situation im niederbayerischen Hügelland, denn die Silexvorkommen der Alb lagen außer Reichweite.

Welchen Einfluss hatte dies nun auf die Tauschaktivitäten? Bei der Antwort helfen einige *theoretische Überlegungen zur Entwicklung eines Weitergabesystems*. Mit zunehmender Entfernung zwischen Endverbrauchern und Quelle gehen nach Ericson die jeweils vorgelagerten Stationen eines Hand-zu-Hand-Systems dazu über (ders. 1981, 156ff.), den Wert der geforderten Gegengabe mehr und mehr zu erhöhen, wenn die nachgelagerten Partner keine einfachen Ausweichmöglichkeit besitzen. Das bedeutet einen kontinuierlichen, mit der Entfernung gekoppelten, Übergang von der balanzierten zur negativen Reziprozität. Dieser dürfte erst in gewisser Entfernung zur Quelle merkliche Auswirkungen haben. In den beiden mitteleuropäischen Fällen war den Beteiligten vermutlich sowohl die Abhängigkeit als auch der hohe Bedarf der nachgelagerten Stationen bewusst. Dies dürfte wiederum die notgedrungene Akzeptanz für eher negativ reziproken Tausch erhöht haben.

Spätestens wenn die Stationen nahe der Quelle nicht mehr willens waren, die gesamte an sie herangetragene Nachfrage durch Erhöhung eigener Aktivitäten zu befriedigen (s. o. 4.1.3.), werden auch Reaktionen der dadurch benachteiligten Abnehmer eingesetzt haben. Eine könnte darin bestanden haben, die vorgelagerten Stationen zu überspringen, um näher oder direkt an der Quelle gelegene Tauschpartner zu suchen, mit denen man wieder balanziert tauschen konnte. Mit dieser zunächst hypothetisch hergeleiteten Reaktion kann man erstaunlich gut den in Frage stehenden Kurvenverlauf erklären.

Ab einer bestimmten Entfernung nimmt der Anteil deswegen wieder zu, weil hier die in ihrer Versorgung auf ergiebige Quellen angewiesenen Siedlungen direkte Kontakte zur Arnhofener Bergwerksregion knüpfen, anstatt geringe Menge Arnhofener Hornsteins bei ihren nächsten Nachbarn einzutauschen. Liegt bei einem Hand-zu-Hand-System ein solcher Kurvenverlauf vor, so zeigt er das System bereits im am Rande seiner Überforderung und im Übergang zu anderen Organisationsarten. Der entscheidende Unterschied zum ähnlichen Graphenverlauf beim zielgerichteten Handel ist die Größenordnung des Wiederanstiegs. Da bei einem Tausch von Hand zu Hand die Beteiligten Beziehungen zu verschiedenen Quellen unterhalten, erhalten sie auch über andere Kanäle größere Rohmaterialmengen. Der Anteil eines Gutes wird nicht dominant und dies ist der Grund für den gegenüber dem Mittelneolithikum schwächeren Wiederanstieg (s. u. 4.3.3.1.1.).

Sucht man weiter entfernte Tauschpartner, so steigt (in der Regel) neben der geographischen auch die soziale Distanz zu diesen Personen. Die Partner sind nun nicht mehr entfernte Verwandte, Freunde oder gute Nachbarn, sondern einander weitgehend fremde Personen. Die mit dem Tausch von Hand zu Hand verbundene balanzierte Reziprozität ist aber gerade durch soziale Nähe begründet (vgl. o. 4.1.2.; SAHLINS 1974, 196ff.). Auch die neuen Versorger-Partner können also in gewissem Maß eine eher negative Reziprozität in Anwendung bringen. Im Bestreben, der Nötigung zum negativ reziproken Tausch mit ihren Nachbarn zu entgehen, schaffen die Bewohner der außen im System gelegenen Siedlungen nun wieder eine Situation, die es ihren neuen Partnern ermöglicht, ebenso zu tauschen. Der zunächst wieder balanzierte Tausch wird in dem Maß mehr und mehr negativ ausfallen, wie die neue Praxis das alte System des Tausches mit den Nachbarn ersetzt. Diese Nachbarn beschaffen keine zusätzlichen Güter für ihre nachgelagerten Tauschpartner mehr. Die Beteiligten können nicht mehr zurück zur alten Situation, da das System nicht in der Lage ist, auf eine derartige Dynamik zu reagieren (s. o. 4.1.3.). Es bleibt daher keine andere Option, als der eingeschlagene Weg. Die Belastung eines Hand-zu-Hand-Systems bis an seine Grenzen oder darüber hinaus führt somit zur Veränderung der zugrunde liegenden Reziprozität. Es handelt sich um die Zwänge einer dynamischen ökonomischen Entwicklung, die aber nur dann eintreten, wenn bestimmte Faktoren wie Abhängigkeit, hoher Bedarf und Möglichkeit zum Tauschpartnerwechsel gegeben sind.

Weitere Voraussetzung für eine derartige Entwicklung ist zudem die Ergiebigkeit der Quelle, auf die sich das Hand-zu-Hand-System richtet. Nur bei ergiebigen Quellen können die Anlieger mit der notwendigen Erhöhung der Rohmaterialförderung reagieren (ERICSON 1981, 158). Dafür können sie aber lediglich die ihnen vom bäuerlichen Wirtschaften gebotene Freizeit einsetzen.

Für weitere Förderungserhöhungen müssen zusätzliche Personen im Abbau tätig werden. Da der Abbau vermutlich als saisonale Aktivität ablief, war die Zahl der im Abbau tätigen Personen potentiell limitiert. Um die Förderung im notwendigen Maß zu erhöhen, war es nötig, dass sich weitere benachbarte Siedlungen an dieser Entwicklung beteiligen.

Die *Kombination* dieser beiden Faktoren, *hohe Ergiebigkeit* und eine *große Zahl abbauberechtigter Personen*, könnte der Grund gewesen sein, warum Arnhofen und nicht beispielsweise Flintsbach oder eine andere der zahlreichen Jurahornsteinquellen von der Intensivierung am Beginn des Mittelneolithikums betroffen war. Da in der Bandkeramik wahrscheinlich mehrere Siedlungen (Pullach, Unterwendling, Reissing-Unterteuering-Nord und -Süd, Esperbachgruppe mit Mitterfecking und die Gruppe am Feckinger Bach mit Schoissenkager und Buch) gleichberechtigte Anlieger des Bergwerkes waren, kam zur Ergiebigkeit der Arnhofener Lagerstätte auch noch das entsprechende demographische Potential hinzu – im Gegensatz wahrscheinlich zu vielen anderen Vorkommen auf der südöstlichen Alb, die ebenfalls in der Bandkeramik genutzt wurden.

Interessanterweise kann man im südöstlichen Mitteleuropa in der Bandkeramik bei zwei Rohmaterialien *Parallelen in der Entwicklung der Weitergabeart* beobachten. Eine ähnliche Beziehung zwischen Anteil und Entfernung wie im Fall Niederbayern bzw. Rijckholt-Feuerstein ist sowohl beim polnischen Jurahornstein als auch beim Wolhynien-Feuerstein zu sehen. Dort findet man ebenfalls Kurven, die von einem Muster aus Abnahme, Zunahme und Abnahme geprägt sind (KACZANOWSKA 1985, 69 Abb. 29). Die Entfernung bei der die erneute Anteilszunahme jeweils erfolgte, schwankt dabei um die Größenordnung 200 km bis 250 km. Wie im Fall Niederbayern scheint auch hier die Beschaffung mittels direkten Kontakten möglich gewesen zu sein.

Bei solchen Reisen zu den Rohmaterialquellen handelte es sich aber nicht um eine Praxis, die erst im Laufe der Bandkeramik entstand. Schon aus der ältesten Bandkeramik des südöstlichen Mitteleuropa sind gleich mehrere Fälle bekannt, bei denen Siedlungen in großen Entfernungen von einer Rohmaterialquelle hohe Anteile davon aufweisen. Diese können aber nur das Ergebnis direkter Reisen an die Gewinnungsstelle sein – beim Tausch von Hand zu Hand sinken ja die Anteile mit jeder Weitergabestation, denn jede beteiligte Siedlung verbraucht selbst etwas (s. o. 4.1.3.). Im Fall des Szentgal-Radiolarites tauchen gleich mehrmals Siedlungen mit sehr hohem Radiolaritanteil auf (BANFFY 2004). Im ungarischen Szentgyörgyvölgy-Pityerdomb wurde in 185 km von der Gewinnungsstelle fast ausschließlich Radiolarit verwendet, den man sich in Form von Kernen beschaffte (a. a. O. 314).

In der ostösterreichischen Siedlung Brunn II erreicht der Radiolarit in 185 km Entfernung mit 75 % ebenfalls noch einen sehr hohen Anteil (a. a. O., 346). Im ähnlich weit entfernten Neckenmarkt sind es sogar 97 %. Bei den Fundplätzen Rosenberg und Strögen beträgt er in 230 km Entfernung immer noch 50 %. Bereits in der ältesten Bandkeramik versorgte man sich also schon vereinzelt durch direkte Reisen an die Rohstoffquellen und überwand dabei mehr als 200 km.

Hier sei eine weitere theoretische Überlegung zum *Hintergrund der Weitergabeentwicklung* eingeschoben, die zunächst nur hypothetischen Charakter besitzt, im Fortgang der Untersuchung aber notwendige Erklärungen liefern wird. Grundlegende ökonomische oder soziale Aktivitäten sind stets in ein Netz von Werten, Normen und Regeln eingebettet, das deren richtige Abwicklung orientierend begleitet und Abweichungen sanktioniert (PEOPLES/BAILEY 1994, 286ff.; vgl. o. 4.1.3.). Ein Ersetzen des Tausches mit den Nachbarn durch Überspringen der vorgelagerten Stationen und direktes Eintauschen in Quellennähe dürfte nur eine tolerierte Ausnahme gewesen sein. In dem Maß wie es den Tausch von Hand zu Hand ersetzte, führte es entgegen der ursprünglichen Absichten zunehmend zur Akzeptanz des negativ reziproken Tausches und damit zu einer grundlegenden Normenveränderung. Dies betraf aber nur einen kleinen Ausschnitt der wirtschaftlichen Aktivitäten – selbst der Tausch von Silex erfolgte nur selten so.

In den für das Alt- und Mittelneolithikum anzunehmenden Wirtschaftssystemen (s. o. 4.1.3.) sind auch sogenannte Tauschsphären zu vermuten. Dabei können jeweils nur bestimmte Arten von Gegenständen, die einer Klasse zugeordnet werden, gegeneinander getauscht werden (ROESSLER 1999, 178ff.). Eine Normenveränderung in einer Tauschsphäre muss also noch keine größeren Rückwirkungen auf andere Bereiche des Tausches hervorrufen. Wenn aber nun parallel zu den Normen des alltäglichen Wirtschaftens für eine Tauschsphäre besondere Normen existierten, so konnte der veränderte Ausschnitt in Widerspruch zum ansonsten praktizierten Wirtschaften geraten – keine gute Ausgangsbasis für eine stabile Entwicklung.

Der Querschnitt *Main-Neckar* ist wieder bis etwa 290 km Entfernung ausgeführt und erfasst alle Fundplätze, die in dieser Richtung bis zum Verbreitungsrand vorliegen (**Abb. 4.9**). Die Stufe im Nahbereich um Arnhofen tritt bei diesem Querschnitt nicht auf, da der modifizierte Bereich vor allem die dicht besiedelte Region östlich des Bergwerks umfasste. Da der Querschnitt in der Umgebung des Bergwerkes nur von einem Messpunkt mit relativ geringem Anteil gestützt wird (Hienheim, Nr. 14), ergibt sich hier eine sehr steil verlaufende Querschnittslinie.

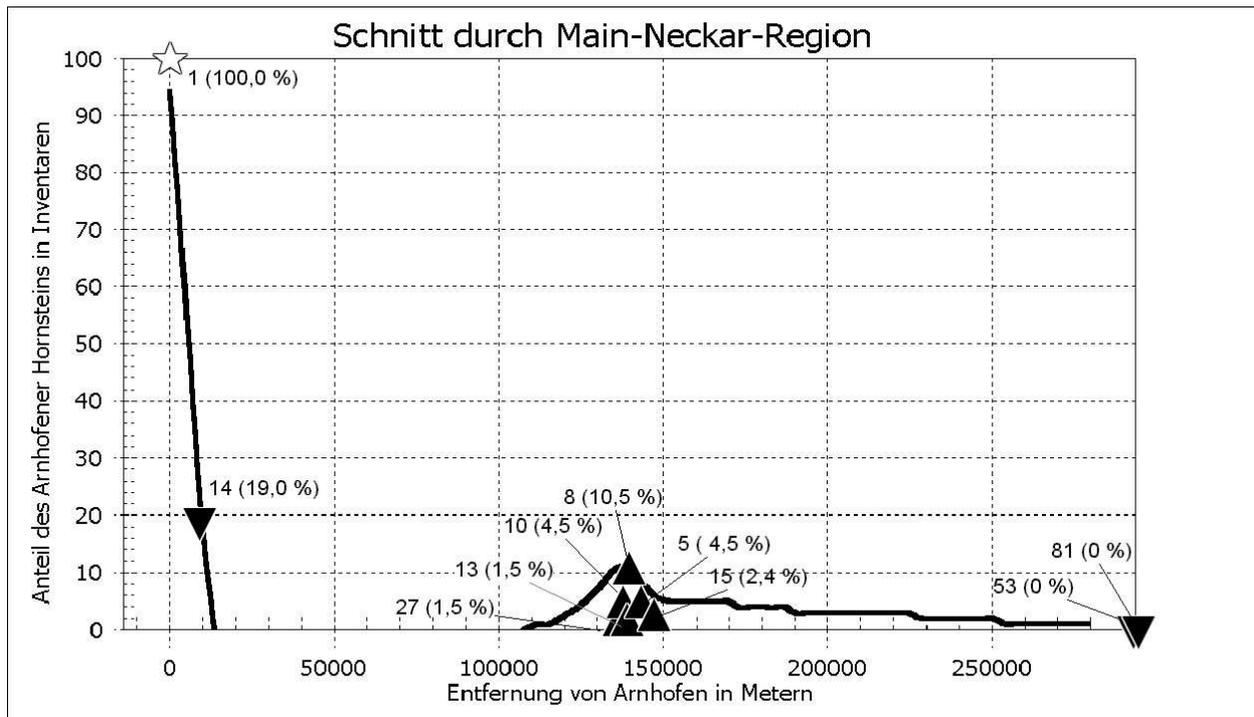


Abb. 4.9: Querschnitt in Richtung der Main-Neckar-Region während der Bandkeramik (5200 v. Chr. bis 4950 v.Chr.). Die Achse des Querschnitts durch die Isolinien weist von Arnhofen nach Nordwesten (zur Lage der Achse s. o. Abb. 4.6 "Main-Neckar").

Auf der X-Achse ist die Entfernung von Arnhofen in Metern, auf der Y-Achse der geschätzte Hornsteinanteil in Prozent eingetragen. Fundstellen, die in einem schmalen Sektor beiderseits der Querschnittsachse liegen (siehe Text), wurden mit ihrer Nummer und dem verrechneten Prozentwert in Klammern auf dem Graphen eingetragen. Die Numerierung der Fundplätze ist in Tab. 4.2 und die Fundstellenart in Abb. 4.3 aufgeschlüsselt.

Bereits bei einem Abstand von 15 km ermittelt der Interpolator einen Anteil von Null Prozent. Dieser entstand durch das oben beschriebene Vorgehen zur Vermeidung unzulässigerweise geschätzter Negativwerte (s. o. 4.1.2.), wobei Werte unter Null einfach auf Null gesetzt wurden. Zwar kann man annehmen, dass die wenigen Siedlungen im Bereich der Alb sich überwiegend aus den zahlreich vorhandenen Jurahornsteinvorkommen selbst versorgten, ein Anteil von Null Prozent dürfte aber nicht der Realität entsprechen. Vielmehr sollte man zumindest in Entfernungen bis zu einem Tagesmarsch altmühlaufwärts einstellige Prozentwerte erwarten.

Mit dieser Situation zeigt sich klar, dass in Regionen mit vielen Silexvorkommen deren Einzugsgebiete mit zunehmender Ressourcendichte immer kleiner werden. Im weiter westlich anschließenden südlichen Mittelfranken dürfte der Wert "Null Prozent" aber beinahe ein Abbild der historischen Realität bieten, da man sich hier zwar schon in größerer Entfernung von Arnhofen, aber immer noch im Einzugsgebiet der Jurahornsteinquellen befindet.

Danach erreicht die Schnittachse die bereits oben herausgestellte Region des westlichen Mittel- und südlichen Unterfrankens. Von den sechs Fundstellen, die nun die Interpolation stützen, weisen fünf Werte bis zu 4,5 % auf. Der Fundplatz Ermetzhofen (Nr. 8) mit seinen 10,5 % stellt einen Sonderfall dar, dessen Ursache ohne Untersuchung des Inventars nicht ermittelt werden kann. Abgesehen von eigentlich immer zu bedenkenden Überlieferungs-Verzerrungen sind dreierlei Gründe vorstellbar. Zum einen könnte es sich im Gegensatz zu den anderen fünf Plätzen um einen zentralen Ort handeln, der dann eine dementsprechend intensivere Einbindung in überregionale Kontakte besaß.

Vorstellbar ist auch ein Fall, bei dem das Verhältnis Platten- zu Knollenhornstein zugunsten des Plattenhornsteins verschoben ist, was sich bei der Umrechnung dann ungünstig bemerkbar macht. Schließlich könnte es sich auch einfach um einen lokalen Sonderfall handeln. Ohne ihn läge jedenfalls die Schätzung mit etwa 4 % bis 5% genau im gleichen Wertebereich wie im Fall von Böhmen bei 140 km Entfernung (s. o. Abb. 4.7). Abgesehen von dieser Ausnahme liegen also auch hier die gleichen Beziehungen zwischen Entfernung und Anteil vor, die schon beim Querschnitt in Richtung Böhmen zu beobachten waren. Das im Fall des Querschnittes Main-Neckar wesentlich länger hinausgezögerte endgültige Aussetzen des Arnhofeners dürfte ebenfalls stark durch den Ausnahmewert Ermetzhofen beeinflusst worden sein.

Würde man auch hier den Kurvenverlauf in geringerer Auflösung wiedergeben, erhielte man wiederum wie beim Querschnitt Böhmen einen Verlauf (s. o. Abb. 4.7), der weitgehend einer exponentiellen Funktion als Beziehung zwischen Entfernung und Anteil entspricht.

Kurz gesagt, auch der Verlauf des Querschnittes Main-Neckar entspricht einer von empirischen Verzerrungen leicht beeinflussten Exponentialkurve. Damit liegt ein weiterer klarer *Beleg für eine Weitergabe des Arnhofener Hornsteins von Hand zu Hand* vor. Und auch hier gilt, dass die großräumige Stabilität und die geringen empirischen Verzerrungen zusätzliche Hinweise auf diese Art der Weitergabe sind.

Interessanterweise ähnelt auch die Größenordnung der Entfernungen, die beim Querschnitt Main-Neckar auftreten, weitgehend den Verhältnissen beim Querschnitt Böhmen. Dies belegt, dass die Kontakte zwischen dem nordwestlichen Niederbayern und der Main-Neckar Region bzw. Böhmen grundsätzlich auf ähnlichen Voraussetzungen basierten. Da ein Tausch von Hand zu Hand als Abfolge einzelner kürzerer Kontakte anzusehen ist, sollte demnach in beiden Fällen eine ähnliche Anzahl von Zwischenkontakten vorgelegen haben. Beide Male handelt es sich um Kontakte über den Hauptkamm eines weitgehend (Alb) oder vollständig (Bayerisch-Böhmischer Wald) unbesiedelten Mittelgebirges hinweg. Dies führte wahrscheinlich zur Überbrückung von größeren Regionen mit nur wenigen Stationen.

An dieser Stelle ist noch einmal auf die auch bei anderen Rohmaterialien im Frühneolithikum beobachtbare *Größenordnung der Weitergabeentfernungen* hinzuweisen (KACZANOWSKA 1985, 70ff.; ZIMMERMANN 1995, 109). Allgemein besitzen die frühneolithischen Silextauschnetzwerke bei überregional verbreiteten Rohmaterialien Radien von 150 km bis 300 km, in Ausnahmefällen auch 400 km, um die Rohmaterialquelle.

Vor dem Hintergrund dieser Beobachtungen könnte man allgemeiner formulieren, die Größe der frühneolithischen Hand-zu-Hand-Systeme ist in erster Linie eine Funktion der Siedlungsdichte und der Verkehrsgunst der einbezogenen Regionen. Da diese beiden Faktoren nur in bestimmten Größenordnungen schwanken, liegt auch die Größenordnung der Silextauschnetzwerke innerhalb des erwähnten Rahmens. Demnach wäre interessanterweise im gesamten Raum vom Rhein über die obere Donau bis zur oberen Weichsel die Interaktionsdichte zwischen den bandkeramischen Gemeinschaften grundsätzlich gleich. Würde sie stärkeren Schwankungen unterworfen sein, müssten die Radien der Tauschnetzwerke noch größere Unterschiede aufweisen.

Die Erkenntnisse zum Arnhofener Hornstein und anderen Rohmaterialweitergabesystemen ergeben in der Zusammenschau ein geschlossenes Bild für die *allgemeine Funktionsweise bandkeramischer Silextauschkontakte*. Wie schon von de Grooth angenommen (dies. 1994, 128), erfolgte die bandkeramische Weitergabe des Arnhofener Hornsteins von Hand zu Hand. Im westlichen Mitteleuropa konnte Zimmermann nicht nur beim Rijckholt-Feuerstein Tauschnetzwerke auf Hand zu Hand Basis belegen (ders. 1995).

Auch im östlichen Mitteleuropa und im anschließenden Südosteuropa (Südpolen, Tschechien, Slowakei, Nordungarn und Westukraine) weisen die von Kaczanowska vorgestellten Grafiken bei mehreren Rohmaterialien auf die Weitergabe von Hand zu Hand hin (dies. 1985, 70 Abb. 29). Dazu gehören der nordungarische Obsidian, der Swieciechow-Feuerstein und der polnische Schokoladen-Feuerstein. Mit dem Arnhofener Tauschnetzwerk schließt sich die Lücke zwischen diesen beiden geographischen Großräumen. Nimmt man noch das Aussehen der von Sida vorgestellten Karten hinzu (ders. 2006, 412 ff. Obr. 5, 6 und 7), kann man Folgendes für die Silexweitergabe während der Bandkeramik verallgemeinern: *Der Tausch von Hand zu Hand war während der Bandkeramik die vorherrschende Art der Weitergabe*. Seit der ältesten Bandkeramik wurden zwar vereinzelt Reisen von über 200 km zu bestimmten Rohmaterialquellen unternommen, sie stellten aber nur eine selten genutzte alternative Versorgungsmöglichkeit dar.

Auch das Ende mancher dieser Tauschsysteme könnte am Übergang zum Mittelneolithikum in ähnlicher Weise abgelaufen sein.

Bedenkt man die Intensivierung der Fernkontakte im Raum Slowakei-Südpolen am Ende der Bandkeramik (vgl. KACZANOWSKA 1985, 59), so könnte die langsame Umwandlung von Hand-zu-Hand-Systemen (Wolhynien-Fst. und Jurahornstein) in andere Arten sich auch dort in ähnlicher Weise zugetragen haben wie in Niederbayern.

Vielleicht ist gerade diese Entwicklung, die Veränderung der Weitergabeart, ein zentraler historischer Aspekt beim Übergang zum Mittelneolithikum. In diese Richtung deuten jedenfalls die auf den Ergebnissen von Kaczanowska aufbauenden Beobachtungen zum südöstlichen Mitteleuropa (dies. 1985, 139 ff.), die weiter unten noch detailliert diskutiert werden (s. u. 4.3.3.1.).

#### 4.2.4. Wirtschaftliche Bedeutung in der Linearbandkeramik

Ebenso wie bei einer zeitgenössischen wirtschaftlichen Erscheinung kann auch die wirtschaftliche Bedeutung eines prähistorischen Phänomens anhand seiner Ausmaße ermittelt werden. Dafür ist es nötig, den Umfang von Angebot und Verbrauch festzustellen. Das Potential der Rohstofflagerstätte wurde bereits an einer anderen Stelle untersucht (s. o. 2.3.).

Im Folgenden wird nicht die Nachfrage ermittelt, vielmehr gestattet eine Kombination aus Rohmaterialverteilung und Besiedlungsdichte die Bestimmung des *tatsächlichen Verbrauches*. Er wird in der Anzahl der zu 100 Prozent versorgten Haushalte ausgedrückt (s. o. 4.1.1.). Wie im methodischen Teil des einführenden Abschnittes dargelegt, ist dies rein rechnerisch kein besonderer Aufwand, wenn erst einmal die entsprechenden Rasterkarten vorliegen.

Bisher ergab sich an dieser Stelle zumeist das Problem, dass man durch die Ausgrabung der Gewinnungsstelle oder einer Produktionsstätte mehr oder weniger gut über die Angebotsseite informiert war. Die Abnehmerseite bzw. den Umsatz konnte man jedoch nur selten erfassen. Durch aktuelle Forschungen des LUCIFS-Projektes (ebd.) werden jedoch in naher Zukunft Besiedlungsdichtedaten für alle Perioden vom Frühneolithikum bis zum Frühmittelalter vorliegen (vgl. ZIMMERMANN et al. 2004, 87). Diese Arbeit kann, wie oben erläutert (s. o. 4.1.1.), bereits auf die entsprechenden Daten zum Alt- und Mittelneolithikum zurückgreifen. Verbindet man die oben vorgestellte Interpolation (s. o. 4.2.2. Abb. 4.5) des Arnhofenanteils in den Siedlungen mit diesen Daten, sind die Voraussetzungen geschaffen, um Hochrechnungen zu den tatsächlich umgesetzten Mengen durchzuführen.

Ein solcher Ansatz mag zwar zunächst noch etwas ungewöhnlich erscheinen, die schnell voranschreitende Entwicklung im Bereich der GIS-Anwendungen wird jedoch in den kommenden Jahren sicher zahlreiche Fragen dieser Art bearbeiten. Der Einsatz von GIS besitzt das Potential, heute schon vorhandene Verbreitungskarten in solche Arbeiten zu integrieren. Dabei fällt der Operationalisierung herkömmlicher Verbreitungskarten die Schlüsselrolle zu. Notwendig sind Erkenntnisse zur Verbindung zwischen Funddichten und prähistorischer wirtschaftlicher Bedeutung, wie man sie beispielsweise aus gut erforschten Kleinregionen oder einzelnen repräsentativen Ausgrabungen ableiten kann. Neben den hier und in anderen Studien behandelten neolithischen Perioden könnte damit auch für die Wirtschaftsgeschichte anderer prähistorischer Perioden, beispielsweise der Urnenfelderzeit oder der Eisenzeit, ein neues Kapitel der Forschung aufgeschlagen werden.

Die letzten beiden Zeitabschnitte böten zudem durch die intensiven Forschungen der letzten Jahrzehnte eine hohe Datenqualität und besondere Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle von GIS-Berechnungen. Verbindet man diesen Ansatz zusätzlich mit ökologischen Modellrechnungen, wird er auch für die Wirtschaftsarchäologie der Jäger und Sammler fruchtbar werden.

Hier geht es nun zunächst um die *bandkeramische Besiedlungsdichte in Mitteleuropa* und ihre Bedeutung für die Arnhofenverbreitung. Auf den Karten zur prähistorischen Besiedlungsdichte sind die Regionen mit besonders hoher Siedlungsdichte durch Bereiche mit gleich großen Freiflächen zwischen den einzelnen Siedlungen ausgewiesen (ZIMMERMANN/WENDT 2003; ZIMMERMANN et al. 2004, 51ff.).

Von Seiten kritischer Kollegen wird häufig – zumeist mündlich – geäußert, der Kenntnisstand zu archäologischen Siedlungsmustern reiche nicht aus, um daraus repräsentative Aussagen zur Siedlungsdichte ableiten zu können. Wenn man aber dicht besiedelte Bereiche auf der Basis der größten auftretenden Freiflächen im jeweiligen Siedlungsmuster definiert, wird das Ergebnis besonders stabil gegenüber Veränderungen beim Kenntnisstand. Anders formuliert, man muss nicht jede einst vorhandene Siedlung kennen und verfügt doch mit den nach der LUCIFS-Methode berechneten Karten über eine stabile und repräsentative Datengrundlage zur Besiedlungsdichte. Auch die Entdeckung einzelner oder mehrerer neuer Siedlungen innerhalb der so definierten Bereiche macht die zuvor ermittelten Kennwerte nicht unbrauchbar. Nur wenn es gelänge, ganze Regionen mit unbekanntem Siedlungen in unmittelbarer Nachbarschaft bisher bekannter Räume ausfindig zu machen, würden sich Veränderungen ergeben. Eine Fundamentalkritik an dieser Art der Besiedlungsdichtenschätzung ist also nicht gerechtfertigt, zugleich sind aber ständige Verbesserungen der Datengrundlage notwendig.

Das weitere Vorgehen bei der Ermittlung der Besiedlungsdichte bedarf noch der Zuweisung konkreter *Bevölkerungszahlen* an die Flächen mit jeweils gleichem Abstand zwischen den Siedlungen. Dafür wurden aus gut erforschten Kleinräumen, die einem solchen Bereich gleichen Siedlungsabstandes angehörten, die durchschnittliche Anzahl der Haushalte pro Quadratkilometer in den entsprechenden Regionen abgeleitet (a. a. O., 71f. und 80ff.). Die nächsten Arbeitsschritte bei der Verrechnung der beiden Rasterkarten wurden bereits im Abschnitt zur Methodik erläutert (s. o. 4.1.1.). Hier sei noch einmal wiederholt, dass auf diese Weise Regionen herausgestellt werden, in denen die größten freien Flächen zwischen den Siedlungen einen Radius von weniger als 4 km besitzen. Die Bezeichnung für solche Regionen lautet *Siedlungsgebiet*.

Wenn im Folgenden die Beziehungen zwischen diesen Gebieten diskutiert werden, bedenke man, dass es sich um *reale prähistorische Entitäten* und ihre geschichtlichen Beziehungen handelt. Sie stehen in ihrer Qualität also über ‚Gruppierungen‘, die auf Bearbeitungsregionen zurückgehen und willkürlich innerhalb eines Naturraumes oder einer Verwaltungseinheit abgegrenzt sind.

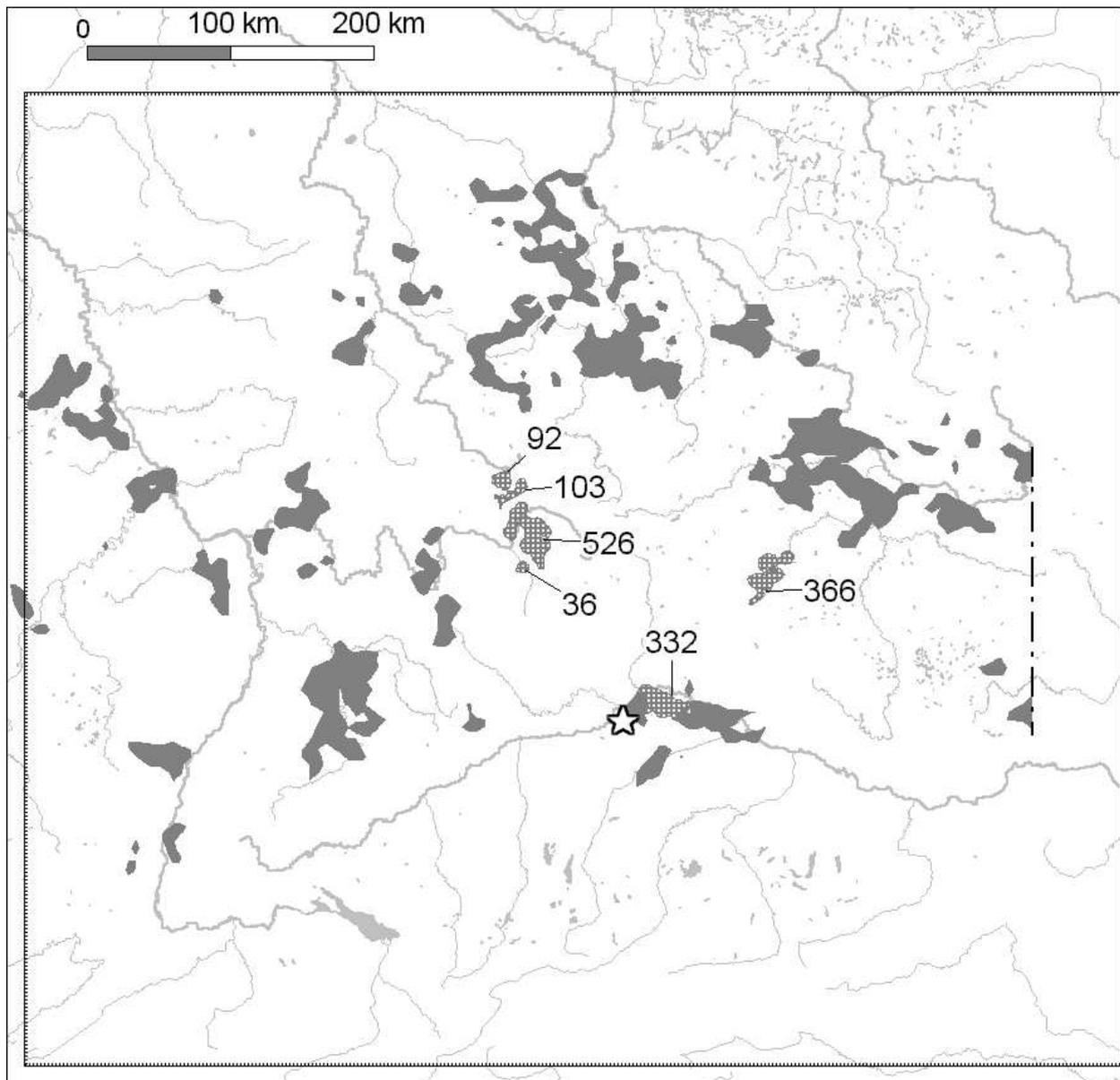


Abb. 4.10: Bandkeramische Siedlungsgebiete im Südwestlichen Mitteleuropa (52. bis 50. Jh. v. Chr.; grau: nach ZIMMERMANN et al. 2004, Abb. 15; grau kariert: BÜRGER und ROTH i. V. bzw. eigene Ergänzungen).

Bei den Ergänzungen ist die geschätzte Gesamtsumme der Haushalte angegeben. Die schwarze Grenzlinie am Ostrand bezeichnet den Ostrand der Datengrundlage für die Besiedlung. Die hervorgehobenen Flächen gehen mit dem Wert 0,7551 Haushalte pro Quadratkilometer in die Rechnung zur Schätzung der versorgten Haushalte ein. Arnhem ist mit einem Fünfeck-Stern kartiert.

Die *Karte der bandkeramischen Besiedlungsdichte* für die weiteren Berechnungen wurde teils vom LUCIFS-Projekt übernommen, teils mit eigenen Arbeiten ergänzt (**Abb. 4.10**). Der übernommene Abschnitt basiert auf den Originaldaten des LUCIFS-Projektes (vgl. ZIMMERMANN et al. 2004, 83 Abb. 15). Die Datengrundlage dafür war die Verbreitungskarte der Bandkeramik von Preuss (ders. Hg. 1998, Karte 1; vgl. ZIMMERMANN et al. 2004, 80). Diese Karte ist jedoch auf einem teilweise überholten Stand.

Für drei Regionen wurden daher *ergänzende Berechnungen* durchgeführt. Diese gründen auf neueren bzw. genaueren Fundplatzkartierungen. Es handelt sich um das westliche Oberfranken (BÜRGER und ROTH i. V.), das nördliche Niederbayern (SCHMOTZ 1992, 16 Abb. 1) und das westliche Böhmen (BŘICHÁČEK/METLIČKA 2002, Abb. 1). Die Auswertung erfolgte mit den gleichen GIS-Operationen wie bei den bereits vorhandenen LUCIFS-Daten (vgl. ZIMMERMANN/WENDT 2003; ZIMMERMANN et al. 2004, 51ff. und 80ff.). Dabei wurden in Oberfranken vier kleinere Siedlungsgebiete mit zusammen 757 Haushalten vorgefunden, in Westböhmen fand sich ein kleineres mit 366 Haushalten und in Niederbayern entstand in der südlichen Oberpfalz ein "Verbindungsstück" zwischen zwei niederbayerischen Siedlungsgebieten, das 332 Haushalte umfasst. Die drei Teilgebiete des neu entstandenen Donauanrainersiedlungsgebietes werden im Folgenden als Kelheimer (alt; Westen), Regensburger (neu; Mitte) und Straubinger (alt; Osten) Siedlungsgebiet bezeichnet. Weiterhin abgetrennt bleibt ein kleines Gebiet links der Donau westlich von Bogen. Dieses Bogener Siedlungsgebiet (alt; nördlich der Donau) wird bei der siedlungsgeographischen Diskussion mit den anderen Dreien zusammengefasst.

Als Oberbegriff für diese vier Siedlungsgebiete beiderseits der Donau im Bereich der Oberpfalz und Niederbayerns wird im Folgenden die Bezeichnung "Donaugebiet" verwendet. Es werden alle Siedlungsgebiete, "alte" wie "neue", gleichberechtigt behandelt und ausgewertet. Im Fall des Donaugebietes werden aber die Ergebnisse jeweils getrennt für die einzelnen Teilgebiete vorgestellt. Die zwei Gründe hierfür sind zum Einen die Vergleichbarkeit mit den bisher vorgestellten Karten (ebd.) und zum Anderen die stark differierende Verteilung des Arnhoferer Hornsteins, die eine ebenso unterschiedliche wirtschaftliche Bedeutung zur Folge hat. Da das Donaugebiet sowohl die Zentralzone der Arnhoferer Verbreitung als auch dazu periphere Regionen umfasst, würden bei einer Zusammenfassung wichtige Informationen zu regionalen Veränderungen der ökonomischen Bedeutung verloren gehen. Es sei hier betont, dass die Ergänzungen nicht aufgrund einer Schwäche der Methode oder Fehlern bei den vorhandenen Daten nötig wurden, sondern einfach eine Fortschreibung des Kenntnisstandes darstellen.

Am Ostrand der Karte reicht die Verbreitung des Arnhofener Hornsteins über die Ostgrenze der Datengrundlage für die Siedlungsdichte hinaus (schwarze Strichpunktlinie in Abb. 4.10). Jenseits dieser Ostgrenze waren daher keine Berechnungen möglich. Für die östlicheren Bereiche waren keine Aussagen möglich. Sie wurden bei diesem Auswertungsschritt nicht berücksichtigt.

Bevor die Ergebnisse der wirtschaftshistorischen Berechnungen vorgestellt werden, ist zunächst die *Beziehung zwischen Bergwerk und Siedlungsgebieten*, also die Lage der Arnhofener Gewinnungsstelle in Bezug zu den in der Bandkeramik dicht besiedelten Regionen zu diskutieren.

Bei einer Weitergabe von Hand zu Hand ist die Lage der das Bergwerk nutzenden Siedlungen im Verhältnis zu den umgebenden Siedlungsgebieten aus folgenden Gründen von besonderem Interesse. Sie ist ausschlaggebend dafür, in welche Richtungen leicht Beziehungen zu Nachbarn geknüpft werden konnten bzw. wo es viele Nachbarn gab, und in welche Richtungen die Kontaktaufnahme schwerer fiel bzw. nur wenige potentielle Partner vorhanden waren. Auch bietet die Besiedlungsdichte einen Anhaltspunkt dafür, wie groß die Zahl der Weitergabestationen – und damit die der Verbraucher – pro Entfernungseinheit gewesen sein könnte.

Das Bergwerk von Arnhofen liegt am westlichen Rand des Donaugebietes und damit am Westrand der südostbayerischen Ökumene in der Bandkeramik. Dieses Siedlungsgebiet, man könnte es auch die „bayerisch-bandkeramische Donau“ nennen, liegt nun nicht so isoliert, wie es zunächst den Anschein macht. Nach Westen, donauaufwärts, befinden sich vor allem auf dem Nordufer kleinere nur wenig dünner besiedelte Kleinräume, die jeweils nur durch kurze Ödlandstreifen getrennt werden (vgl. z. B. DAVIS 1975, Abb. 1 oder WEINIG 1996, Abb. 1). Im Raum nördlich von Ingolstadt greift die Besiedlung sogar noch etwas nach Norden auf die südliche Alb aus. Durch diese Siedlungen ist das Donaugebiet mit dem Siedlungsgebiet im Nördlinger Ries verbunden. Das Ries ist wiederum der nächste Nachbar der bandkeramischen Siedlungsgebiete im nordwestlichen Franken und im zentralen Württemberg.

Nach Norden hingegen grenzt der Westteil des Donaugebietes an die vermutlich fast völlig siedlungsleere fränkische Alb, der Ostteil an das ebenso öde Bayerisch-Böhmische Grenzgebirge. Die Alb biegt in diesem Grenzbereich von einem west-östlichen zu einem nord-südlichen Verlauf um. Als Folge ist selbst an der schmalsten Stelle das nördliche Albvorland erst nach etwa 60 km Luftlinie im Nordwesten zu erreichen. Das Vorland selbst ist nach derzeitigem Kenntnisstand ebenfalls dünn besiedelt. Nach Westen wie nach Norden sind erst nach weiteren etwa 50 km wieder dichter besiedelte Regionen zu erreichen. Im Westen handelt es sich um das westmittelfränkische Siedlungsgebiet.

Im Norden, im westlichen Oberfranken, liegen eine Reihe kleinerer Siedlungsgebiete an Regnitz, Main, unterer und oberer Itz (BÜRGER und ROTH i. V.). Ihre Größenordnung entspricht beinahe eins zu eins den drei westfränkischen Siedlungsgebieten und dürfte auf die Ähnlichkeiten der beiden Landschaftsräume zurückgehen. Die oberfränkischen Siedlungsgebiete sind, außer durch die südliche Alb, noch durch einen besonders breiten siedlungsarmen bzw. -leeren Streifen vom Donaugebiet abgetrennt.

Da es keine zusammenfassende Aufarbeitung der Bandkeramik in Oberfranken gibt (vgl.o. 4.2.1.), kann (noch) nicht ergründet werden, ob, und wenn ja, auf welche Weise Oberfranken in das Arnhofener Tauschnetzwerk eingebunden war. Aus Eggenbach, einer Siedlung zwischen Main und Itz im nördlichsten der drei kleinen oberfränkischen Siedlungsgebiete, ist das Auftreten von Arnhofener Hornstein jedoch belegt (s. o. 4.2.1.). Möglich wäre, dass es sich bei dem Fund um eine Ausnahme handelt, oder um einen im Bereich der statistischen Unsicherheit (Konfidenzintervall) gelegenen sehr niedrigen Anteil. Zu erwägen wäre aber auch, ob nicht die oberfränkische Situation der im württembergisch-westfränkischen Bereich der Anteilskarte entspricht. Hier wird vorerst spekulativ von letzterer Situation ausgegangen, wonach Anteile und Größenordnungen in Oberfranken denen weiter westlich in etwa entsprechen.

Entlang der gesamten nordöstlichen Flanke des Donaugebietes erstreckt sich das Bayerisch-Böhmische Grenzgebirge als ein etwa 70 km breiter, unbesiedelter, aber nicht unbegangener (!) Ödlandstreifen. An dessen Nordseite wiederum reicht die bandkeramische Besiedlung bis an den Fuß des Gebirges heran (BŘICHÁČEK/METLIČKA 2002, Abb. 1). Das kleine Siedlungsgebiet am Zusammenfluss von Radbuza und Mže bei Pilsen ist der westliche Nachbar eines riesigen bandkeramischen Siedlungsgebietes im zentralböhmischen Becken.

Bei der Weitergabe von Hand zu Hand musste zunächst das bayerisch-böhmische Grenzgebirge überbrückt werden, um an die Pilsener Region anzuschließen. Von ihrem Ostrand dürfte der Kontakt mit Zentralböhmen aufgenommen worden sein. Aufgrund der Rohmaterialarmut des Pilsener Beckens (ZIMMERMANN 1995, 24 Abb. 7) dürften die Siedlungen des kleinen westböhmischen Siedlungsgebietes aber durchaus geneigt gewesen sein, hier größere Entfernungen zu überbrücken. Die geringe Größe dieses Siedlungsgebietes, die einer geringen Zahl möglicher Verbraucher entsprach, dürfte dafür verantwortlich sein, dass von hier aus noch Arnhofener ins zentralböhmische Becken weitergegeben wurde.

Festzuhalten bleibt: Von der Rohmaterialquelle Arnhofen, die in der Bandkeramik vor allem lokale und regionale Bedeutung besaß, gelangten im Frühneolithikum kleine Mengen bis an Neckar, Main, Moldau und vereinzelt noch weit darüber hinaus.

Die Zentralregion um das Bergwerk war auf besonders günstige Weise mit benachbarten und weiter entfernten Regionen verbunden. Das beruhte auf dem Wechsel zwischen langgestreckten, besiedelten Regionen bzw. kleinen Siedlungsgebieten und wenigen größeren Siedlungsgebieten. Zur ersten Gruppe gehören im Westen das Donautal zwischen Neustadt/Donau und Neuburg/Donau sowie das Ries, im Osten das Pilsener Becken. In diesen Regionen überbrückten die einzelnen Weitergabekontakte schnell größere Distanzen, weshalb auch weiter entfernte Siedlungsgebiete noch kleine Mengen erhielten.

Die Siedlungsgebiete in Württemberg, Westfranken und Zentralböhmen liegen selbst in mehr oder weniger rohmaterialarmen Regionen (ZIMMERMANN 1995, 24 Abb. 7), weshalb sie ihrerseits größeres Interesse an der Aufrechterhaltung der Kontakte mit den vorgelagerten Regionen gehabt haben dürften.

Während der Bandkeramik ist die *Reichweite des Arnhoferer Hand-zu-Hand-Systems* das Ergebnis der *bandkeramischen Siedlungsstruktur*. Die spezielle geographische Situation nahe des verkehrsgünstigen Stromtales der Donau ist dabei weniger von Bedeutung. Im Donaugebiet selbst spielen die oben (4.2.2.) erläuterten Faktoren wie Reichweite der 'home ranges' und die Lage zu anderen Rohmaterialquellen bzw. den sie ausbeutenden Siedlungen die Hauptrolle.

Die wirtschaftshistorischen Berechnungen beginnen mit der *Ermittlung des Verbrauches*, ausgedrückt in Haushaltseinheiten oder kurz, Haushalten (s. o. 4.1.2.). Das Produkt aus Besiedlungsdichte, also der Haushaltsanzahl pro Quadratkilometer, und dem Arnhofenanteil nimmt dort hohe Werte ein, wo sowohl hohe Anteils- als auch Besiedlungswerte vorliegen (**Abb. 4.11**). Zum Verständnis des Vorgehens kann man sich vorstellen, beide Karten, Anteilsschätzung (Abb. 4.5) und Besiedlungsdichte (Abb. 4.10), werden übereinander gelegt, und dort, wo sie beide Werte über Null aufweisen, ergibt ihr Produkt ebenfalls mehr als Null. Bei dieser Multiplikation entsteht ein Problem für die Interpretation der Ergebnisse, das bei näherem Hinsehen das Ergebnis in eine Art Minimalschätzung verwandelt. Dort, wo hohe Anteile auftreten, aber keine Siedlungsgebiete vorhanden sind, nimmt das Produkt ebenfalls den Wert Null an. Umgekehrt ergeben selbst geringste Anteile noch Produktwerte über Null, wenn sie in Siedlungsgebieten auftauchen. Diese Problematik, völliger Wegfall von Regionen mit etwas dünnerer Besiedlung bei gleichzeitiger Erfassung selbst geringsten Versorgungsumfanges in dicht besiedelten Regionen, macht die Ergebniskarte zu einer eingeschränkten Minimalschätzung für den Umsatz an Arnhofer Hornstein.

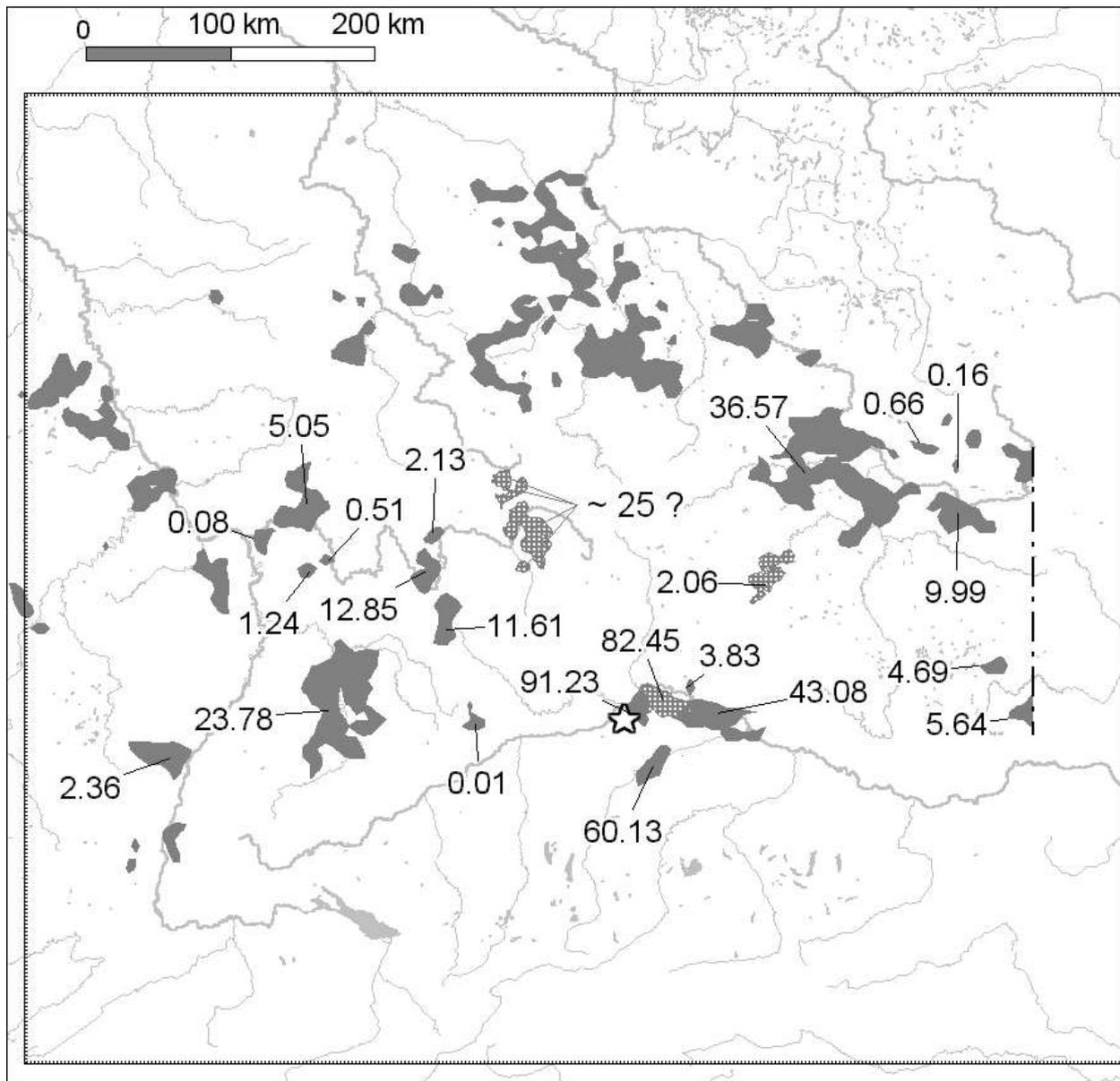


Abb. 4.11: Mit Arnhoferer Hornstein versorgte Haushalte im südwestlichen Mitteleuropa während des späteren Abschnittes der Bandkeramik (ca. 5200 v. Chr. bis 4950 v. Chr.). Die Beschriftungen zeigen die Zahl der Haushalte pro Siedlungsgebiet, die hypothetisch ausschließlich (zu 100 %) mit diesem Hornstein versorgt wurden. Die Haushaltszahl ergibt sich aus der Multiplikation der Besiedlungsdichte (s. o. Abb. 4.10) mit den geschätzten Prozentanteilen des Hornsteins in Siedlungsinventaren (s. o. Abb. 4.5), aufsummiert für das jeweilige Siedlungsgebiet. Es wurden nur Werte größer als Null abgebildet. Die schwarze Grenzlinie bezeichnet den Ostrand der Datengrundlage für die Besiedlung. Arnhofen ist mit einem Fünfeckstern kartiert.

Die Einschränkung ergibt sich aus der – nicht vermeidbaren – Ungleichbehandlung von Anteilsschätzung und Besiedlungsdichte. Sie gilt also nicht überall in gleicher Weise. Daher also ist das Ergebnis eine eingeschränkte Minimalschätzung bzw. eine *konservative Schätzung des tatsächlichen Verbrauches*.

In vielen Regionen war zwischen den Siedlungsgebieten eine dünnere bandkeramische Besiedlung vorhanden. Auch die Menschen dort verbrauchten entsprechend der Anteilsschätzungen Arnhofener. Dieser Verbrauch erscheint aber nicht in der hier vorgestellten Karte. Dort wird nur der Verbrauch der bandkeramischen "Ballungsgebiete" erfasst. Es "fehlen" also bei der Aufsummierung Verbraucher. Die Zahl der "übersehenen" Verbraucher fällt umso größer aus, je höher der Arnhofenanteil in dieser Region liegt. In der Bandkeramik sind vor allem zwei Regionen von dieser Problematik betroffen. So sind für die Gebiete zwischen der südlichen (Schwäbischen) Alb, der oberen Isar und dem südwestdeutschen Alpenvorland einerseits sowie zwischen unterer Isar, Donau, Moldauoberlauf, Enns und den Alpen andererseits keine versorgten Haushalte berechnet worden. Aber stromauf- wie stromabwärts der bandkeramischen Ökumene Niederbayerns ist entlang der Donau mit einer durchgehenden bandkeramischen Besiedlung zu rechnen. Auch im südöstlichen Bayern und in Oberösterreich ist zwar von einer dünneren, aber nicht von einer fehlenden Besiedlung auszugehen. Die Anteilskarte nimmt hier aber noch Werte um die zehn Prozent an.

Wieviele Haushalte durch diese Problematik übersehen werden, ist erst zu beantworten, wenn auch schlüssige Besiedlungsdichtewerte auch für Regionen mit geringerer Siedlungsintensität berechnet werden können.

In der Bandkeramik besitzt der *tatsächliche jährliche Verbrauch an Arnhofener Hornstein* einen Umfang von 395 Haushalten. Der Löwenanteil von ca. 221 Haushalten (55,95 %) entfällt dabei auf das Donaugebiet. *Die wirtschaftliche Funktion Arnhofens bestand in der Bandkeramik also vor allem darin, die umgebenden Regionen zu versorgen.* Im Gegensatz dazu wurden mit Rijckholt-Feuerstein mindestens 1900 Haushalte versorgt (ZIMMERMANN 1995, 112 Abb. 37; ZIMMERMANN et al. 2004, 86 Abb. 16). Die bandkeramische Bedeutung Arnhofens erreichte – quantitativ ausgedrückt – dagegen nur ein Fünftel dieses Werts.

Die 221 auf das *südostbayerische Donaugebiet* entfallenden Haushalte verteilen sich höchst unterschiedlich auf die einzelnen Teilgebiete. Auf das Kelheimer Gebiet im Nordwesten entfällt mit über 90 Haushalten die einfache Mehrheit. Hier liegt die Zentralzone, hier befanden sich die Siedlungen, für die das Bergwerk innerhalb der 'home range' lag.

Donauabwärts, im Regensburger Teilgebiet, erreicht das Produkt noch immer die Summe von über 80 Haushalten. Im kleinen Bogener Teilgebiet sind es noch ungefähr 4 Haushalte. Das Straubinger Teilgebiet, das größer ist, als die drei anderen zusammen, kommt nur auf ca. 43 Haushalte, was 19,5 % aller versorgten Haushalte des Donaugebietes entspricht.

Obwohl sich also zwischen den Flüssen Abens und Vils ein zusammenhängendes Siedlungsgebiet erstreckt, ist die wirtschaftliche Bedeutung in den Teilregionen äußerst unterschiedlich. Bevor man aber hier von einer sozial bedingten Verringerung der Interaktion ausgeht, vereinfacht ausgedrückt, von einer Grenze zwischen zwei soziopolitischen Einheiten (Stämmen), sind elementare ökonomische Aspekte zu beachten. So befindet sich das am östlichen Rand des Donauebietes gelegene Straubinger Gebiet aus Sicht eines um Arnhofen entspringenden Hand-zu-Hand-Systems quasi "hinter" vielen anderen Weitergabestationen. Die Weitergabe dorthin erfolgte ausschließlich durch dicht besiedelte Landstriche. Bevor also die Menschen aus der Straubinger Region von ihren Nachbarn Arnhofener Hornstein eintauschen konnten, wurde ein Großteil des Rohmaterials in zahlreichen vorgelagerten Weitergabestationen verbraucht. Es blieb einfach nicht viel übrig.

Neben diesem siedlungsgeographischen Nachteil ist, wie gut an den Anteilen im Vilstal zu erkennen (SCHÖTZ 1988, Tab. 1), noch ein 'Konkurrenzfaktor' bedeutsam. Bereits auf der Karte mit den Anteilsschätzungen zeichnete sich quasi im Negativ eine Region westlich des Bergwerkes von *Flintsbach-Hardt* ab (s. o. Abb. 4.3; zur Lage vgl. WEISSMÜLLER 1996, 7 Abb. 1). Dort war der Arnhofenanteil sehr gering und wurde, soweit erschließbar (SCHÖTZ 1988; vgl. BINSTEINER 1992), durch Flintsbacher Hornsteine ersetzt. Der östliche Teil des Straubinger Teilgebietes gehörte also zur Zentralzone eines anderen Versorgungssystems, das auf die Quellen von Flintsbach und die Ortenburger Kieselnerenkalke ausgerichtet war.

Außerdem lagen auch die Jurahornsteinvorkommen nördlich der Donau am südöstlichen Ende der Alb, die von Siedlungen aus dem Regensburger Teilgebiet ausgebeutet wurden (s. o. 3.1.2.1., Tab. 3.7; vgl. BINSTEINER 1992), ebenfalls näher. Eine Versorgung im Tausch von Hand zu Hand aus diesen Vorkommen lieferte größere Mengen, weil weniger Verbraucher vorgeschaltet waren. Dass Arnhofener im Straubinger Teilgebiet nur in geringen Mengen eingetauscht wurde, lag also nicht an einer Verweigerung von Kontakten mit dem Westen des Donauebietes. Der Arnhofener Hornstein war ökonomisch nicht notwendig, da man über 'eigene' Quellen bzw. bessere Kontakte zu näher gelegenen Vorkommen verfügte. Die Seltenheit von Arnhofener Hornstein spricht demnach eher gegen eine Grenze zwischen zwei Interaktionsräumen und für die mit einem Hand-zu-Hand-System verbundene Weitergabe, die in soziale Kontakte eingebettet war.

Zusammengefasst: Die beiden Gründe für die drastische Abnahme der wirtschaftlichen Bedeutung im Straubinger Teilgebiet waren die Lage innerhalb des Arnhofener Tauschnetzwerkes und die Versorgung durch andere Quellen.

Die Größenordnung der Zahl versorgter Haushalte in den anderen Regionen weist bei näherer Betrachtung einige Ähnlichkeiten auf. Dabei sind grob *zwei regionale Gruppen* zu unterscheiden.

Der einen gehören Regionen mit zweistelligen Werten an. Im Westen ist hier die Neckarregion mit 24 Haushalten zu nennen. Fasst man die drei kleineren westfränkischen Teilgebiete zusammen ( $2,13 + 12,85 + 11,61 = 26,59$ ), erhält man erstaunlicherweise mit ca. 27 Haushalten fast den gleichen Wert. Die Zahlen zu den oberfränkischen Siedlungsgebieten dürfen, solange die oberfränkische Bandkeramik noch unzureichend erforscht ist, nicht ausgewertet werden, da sie durch einen spekulativen Analogieschluss zustande kamen (s. o.), der ja gerade die Ähnlichkeit mit dem benachbarten Westfranken voraussetzt.

Die beiden zentralböhmisches Siedlungsgebiete weisen einmal etwa 37 und einmal 10 Haushalte, zusammen also 47 auf. Insgesamt liegen hier also etwa gleich viele Haushalte vor, wie bei den beiden westlichen Gruppenangehörigen ( $24+27=51$ ). Betrachtet man die Haushaltszahl als einen Gradmesser für die Zahl der Kontakte bzw. der dabei aktiven Menschen, so fällt auf, dass einer gleichen Zahl von versorgten Haushalten ungefähr die gleiche Bevölkerungszahl gegenüber steht (Westgruppe insg. 2910 Haushalte davon 51 versorgte, also 1,75 %; Ostgruppe ca. 3170 Haushalte davon 47 versorgte, also 1,48 %; zur Gesamtzahl der Haushalte vgl. ZIMMERMANN et al. 2004, 83 Abb. 15). In beiden Regionen wurde also jeweils beinahe der gleiche Anteil der Bewohner im Tausch von Hand zu Hand mit Arnhoferer Hornstein versorgt.

Man kann diese Zahlen aber auch anders sehen. Die Bedeutung des Tausches von Hand zu Hand ist aufgrund seiner Einbettung in andere soziale Kontakte (s. o. 4.1.3.) ein guter Hinweis auf die Intensität der Kommunikation zwischen benachbarten Räumen. Betrachtet man den Anteil der versorgten Haushalte aus diesem Blickwinkel, verwundert die Ähnlichkeit der beiden Werte nicht mehr (Böhmen 1,48 % und Main-Neckarregion 1,75 %). Wenn man nämlich annimmt, dass die Intensität sozialer Kontakte eine Grundeigenschaft des bandkeramischen Sozialsystems war, dann sollten Indizes für dieses Phänomen auch überall die gleichen Werte annehmen. Allgemein ausgedrückt könnte man sagen, der Anteil der mit dem Silextausch verbundenen Kommunikation, der über die unmittelbar benachbarten Siedlungsgebiete hinausreichte, lag in der Bandkeramik bei etwa 1,61 % ( $(47 + 51) : (3170+2910) = 0,0161$ ). Dabei ist zu bedenken, dass nicht alle Haushalte gleich intensiv in diese Kommunikation eingebunden waren. Für die Bandkeramik belegen aktuelle Forschungen, dass Teile einer Siedlung (Rheinland; NOCKEMANN 2005) oder sogar nur einzelne Haushalte (Wetterau; FISCHER 2005) in unterschiedlicher Weise in Fernkontakte eingebunden waren.

Bei einem Tausch von Hand zu Hand kann man aus den dabei bewegten Mengen nicht mittels einer durchschnittlichen Zuladung einfach auf die *Zahl der am Tausch beteiligten Personen* schließen. Zunächst muss man sich vergegenwärtigen, dass in so einem Fall erst die Kenntnis über die Anzahl der Zwischenstationen nötig wäre. Für deren Ermittlung gibt es aber kaum Anhaltspunkte. Sodann ist zu bedenken, dass die einzelnen Tauschaktivitäten nicht in erster Linie ökonomisch motiviert waren, sondern höchstwahrscheinlich in ein sozioökonomisches jährliches Aktivitätsmuster eingebettet waren (vgl. o. 4.1.3.). Man trug bei Besuchen und anderen Aktivitäten daher vermutlich auch nicht maximal mögliche Zuladungen (etwa 20 kg; s. u. 4.3.3.2.), sondern nur einen geringen Bruchteil davon, der sich bequem zwischen dem anderen Reisegepäck verstauen ließ.

Nimmt man *entgegen den bisherigen Erkenntnissen* an, die Versorgung sei durch Personen erfolgt, die direkt nach Arnhofen reisten, und von dort mit der Maximalzuladung direkt in das jeweilige Siedlungsgebiet zurückkehrten, erhält man zumindest eine Vorstellung, wieviele Personen dabei aktiv gewesen wären. Bei 20 kg pro Person und 1,3 kg Hornsteinbedarf pro Haushalt (ZIMMERMANN 1995, 82) hätten für die Neckarregion und Westfranken jeweils zwei und für Zentralböhmen drei Personen als Träger ausgereicht. Dieser Minimalwert ist nun mit einem unbekanntem Schlüssel zu multiplizieren, in den die Zahl der Zwischenstationen und die Zuladung einzubeziehen ist, um die eigentlich um ein Vielfaches höhere Beteiligtezahl zu erhalten.

Als rein spekulatives Beispiel sei angenommen, die einzelnen Tauschpartner wären jeweils einen Tagesmarsch von 30 km voneinander entfernt gewesen und eine Zuladung von 2 kg sei problemlos unterzubringen gewesen. Den 2 kg entsprächen 10 Vollkerne, wenn man für ein Stück das Doppelte des Durchschnittsgewichtes eines vollständigen, ausgebeuteten und unmodifizierten Kernes annimmt (Mitterfecking LBK: 98,3 g; s. o. 3.2.5.). Für die Neckarregion (190 km) ergäben sich daraus neben dem Endabnehmer und dem Produzenten sechs Zwischenstationen. Mit dem Endabnehmer sind also bereits sieben Personen als aktive Reisende in die Verteilung von 2 kg involviert. Bei ca. 28,8 kg für die Neckarregion wäre bei 2 kg pro Person ( $28,8 : 2 = 14,4$ ; aufgerundet 15) insgesamt also die fünfzehnfache Personenzahl nötig ( $15 \times 7 = 105$ ). Für Westfranken (130 km; 32,4 kg) und Böhmen (220 km; 56,4 kg) käme man entsprechend auf 85 bzw. 120 Personen. Es sei nochmals betont, dass diese Zahlen ein reines Gedankenspiel darstellen. Es wurde nur angestellt, um zu zeigen wieviele Personen ungefähr beteiligt gewesen sein könnten. Da es sich also um reine Spekulation handelt und sich zudem bei Änderung der Zuladungs- oder Reiseparameter immense Größenänderungen ergäben, ist es gegenwärtig noch nicht sinnvoll, die Beziehung zwischen der Zahl der aktiven und der versorgten Menschen zu bestimmen.

Die *zweite große regionale Gruppe* von Siedlungsgebieten besteht aus solchen Regionen, in denen die Zahl der versorgten Haushalte nicht mehr als sechs erreicht. Zu bemerken ist hier wiederum, dass die Werte im Einzelnen durchaus von rechnerischen Artefakten betroffen sein könnten. Fraglich sind insbesondere die höheren Werte für die Wetterau (5,05), das nördliche Elsass (2,36), das Pilsener Becken (2,06) und die beiden Gebiete in Südwestmähren (4,69 bzw. 5,64), da sie überwiegend in den Bereichen der ungestützten Anteilsschätzung liegen. Die Werte in den anderen Regionen fallen alle ähnlich extrem gering aus (0,01 Ries bis 1,24 zentrales Südhessen). Die Unterschiede zwischen all diesen Regionen liegen in einer Größenordnung, in der sich auch die Aussageunsicherheit dieses Auswertungsschrittes bewegt. Sie sind also untereinander nicht mehr sinnvoll vergleichbar.

Mit diesen Gebieten erfasst man grundsätzlich immer wieder das gleiche Phänomen: Siedlungsgebiete am Rande der Verbreitung des Arnhofener Hornsteins, in die aufgrund der besonderen Weitergabeform nur geringe Hornsteinmengen gelangten.

Aus diesem Rahmen fällt allerdings das *Siedlungsgebiet an der mittleren Isar* völlig heraus. Hier wurden mehr Haushalte (n=60) mit Arnhofener versorgt, als irgendwo sonst außerhalb des Donauebietes. Im vorhergehenden Abschnitt zeigte sich (s. o. 4.2.3. Abb. 4.8), dass die ungewöhnliche Anteilszunahme in diesem Bereich mit einer maximalen Aus- bzw. Überlastung eines Hand-zu-Hand-Systems in Verbindung zu bringen ist.

Auf der Karte zeigt sich, dass die Region mit der Anteilszunahme mehr oder weniger mit dem Siedlungsgebiet an der mittleren Isar zusammenfällt. Es handelt sich hier um eine dicht besiedelte Region im rohstoffarmen tertiären Hügelland. Seine Bewohner waren in der Tat auf die eingetauschten Rohstoffe angewiesen. Vorgelagerte Partner hätten sehr wohl diese Abhängigkeitssituation nutzen können (ebd.), um beim Tausch vermehrt eine negative Reziprozität zur Anwendung zu bringen. Auf der anderen Seite lag die ergiebige Quelle Arnhofen noch in einer Entfernung, die es erlaubte, direkten Kontakt aufzunehmen. Man konnte also ohne größere Probleme die Zentralregion um Arnhofen direkt aufsuchen, um dort Tauschkontakte anzuknüpfen.

Das räumliche Zusammenfallen der auffälligen Entwicklung der Arnhofen-Anteile mit einem dicht besiedelten Gebiet stützt die am Querschnitt Niederbayern (ebd.) entwickelte Hypothese auf eine Weise, wie sie auch nach den theoretischen Überlegungen zur Dynamik eines Hand-zu-Hand-Systems zu erwarten war (s. o. 4.1.2.).

Schließlich ist es noch möglich, einen Eindruck von der ungefähren *Zahl der versorgten Haushalte außerhalb der "Ballungsräume"* zu erhalten.

Auch dorthin gelangte ja Arnhofener Hornstein und trug zur Versorgung bei. Das erscheint aber bei dieser Rechnung nicht, weil die Multiplikation jenseits der "Ballungsräume" ja einen Wert von Null ergibt (s. o. 4.1.2.). Um hier weiterzukommen, kann man die Outputschätzung (s. o. 2.3.) mit der Zahl der versorgten Haushalte in Beziehung setzen. Das Verhältnis des geschätzten Verbrauchs (395 Haushalte) zum geschätzten Output (635 Haushalte) beträgt also etwa 1 zu 1,61. Stellt man sich auf den Standpunkt, die Outputschätzung habe den Sachverhalt völlig korrekt erfasst, beläuft sich die Anzahl der Haushalte, die bei der Umsatzschätzung aufgrund der Besiedlungsdaten übersehen wurden, auf noch einmal ca. 240 Haushalte. Über deren Verteilung kann nur gemutmaßt werden. Wenn diese Haushalte tatsächlich eine historische Größe darstellen, so dürften sie am ehesten in den dünner besiedelten Regionen des südlichen Bayerns und des nordwestlichen Österreichs zu suchen sein.

Ein interessanter Nebenaspekt dieser Überlegung ist, dass man auf diese Weise indirekt auch einen Anhaltspunkt dafür erhält, wie groß die Zahl der Haushalte sein könnte, die nicht innerhalb der Siedlungsgebiete liegen. Das Verhältnis innerhalb zu außerhalb beliefe sich auf etwa zwei zu drei. Für zwei erfasste Haushalte wäre also noch mit etwa einem weiteren zu rechnen. Dieses Verhältnis, wenn man es denn ernst nehmen mag, dürfte allerdings nur für die mitteleuropäische Situation mit ihrem Wechsel von Mittelgebirgslagen sowie Becken- und Tallandschaften zutreffen.

Als vorletzter Schritt zur Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung in der Bandkeramik kann die abstrakte Größe der zu 100 Prozent versorgten Haushalte zum absoluten Umfang der historischen Besiedlung in Beziehung gesetzt werden (**Abb. 4.12**; s. o. 4.1.1.). Dafür muss nur die Zahl der pro Siedlungsgebiet versorgten Haushalte durch die Summe aller Haushalte pro Siedlungsgebiet geteilt werden. So ergibt sich für jedes Siedlungsgebiet der *durchschnittliche Anteil an der Silexversorgung*, der durch den Eintausch von Arnhofener Hornstein gedeckt wurde.

Bevor die wirtschaftliche Bedeutung auf der Ebene der einzelnen Siedlungsgebiete diskutiert werden kann, ist noch einmal auf die mit dieser Karte verbundenen Probleme hinzuweisen. Bis hierher wurde mit jedem Rechenschritt die Aussageunsicherheit fortgeschrieben und zugleich erhöht. Das dargestellte Ergebnis beinhaltet also die aufsummierten bzw. multiplizierten Unsicherheiten und Fehlbewertungen aller bis hier in die Berechnung eingebrachten Daten. Der Vergleich der bisherigen Ergebnisse mit der auf völlig anderen, unabhängigen Daten beruhenden Output-Schätzung für das Bergwerk zeigte jedoch, dass der mögliche maximale Gesamtfehler sich trotz der zahlreichen denkbaren Fehlerquellen nur im Bereich von etwa 100 % bewegt. Das ist nur dann untragbar hoch, wenn man pessimistisch von einem maximalen Fehler ausgeht.

Da bis jetzt keine systematischen Abhängigkeiten zwischen den möglichen Fehlern zu erkennen waren, dürften sich im Gegenteil einzelne Fehlerquellen aufgrund des Zufallsprinzips gegenseitig abgeschwächt haben. Wenn man bedenkt, wie viele unterschiedliche Datenarten in die Berechnungen einfließen, ist das ein sehr positives Resultat. Die Einzelfehler bei den unterschiedlichen Daten können also kaum eine Spanne von 20 % bis 30 % überschritten haben, sonst würde bei ihrer Multiplikation ein wesentlich größerer Maximalfehler als nur 100 % auftreten.

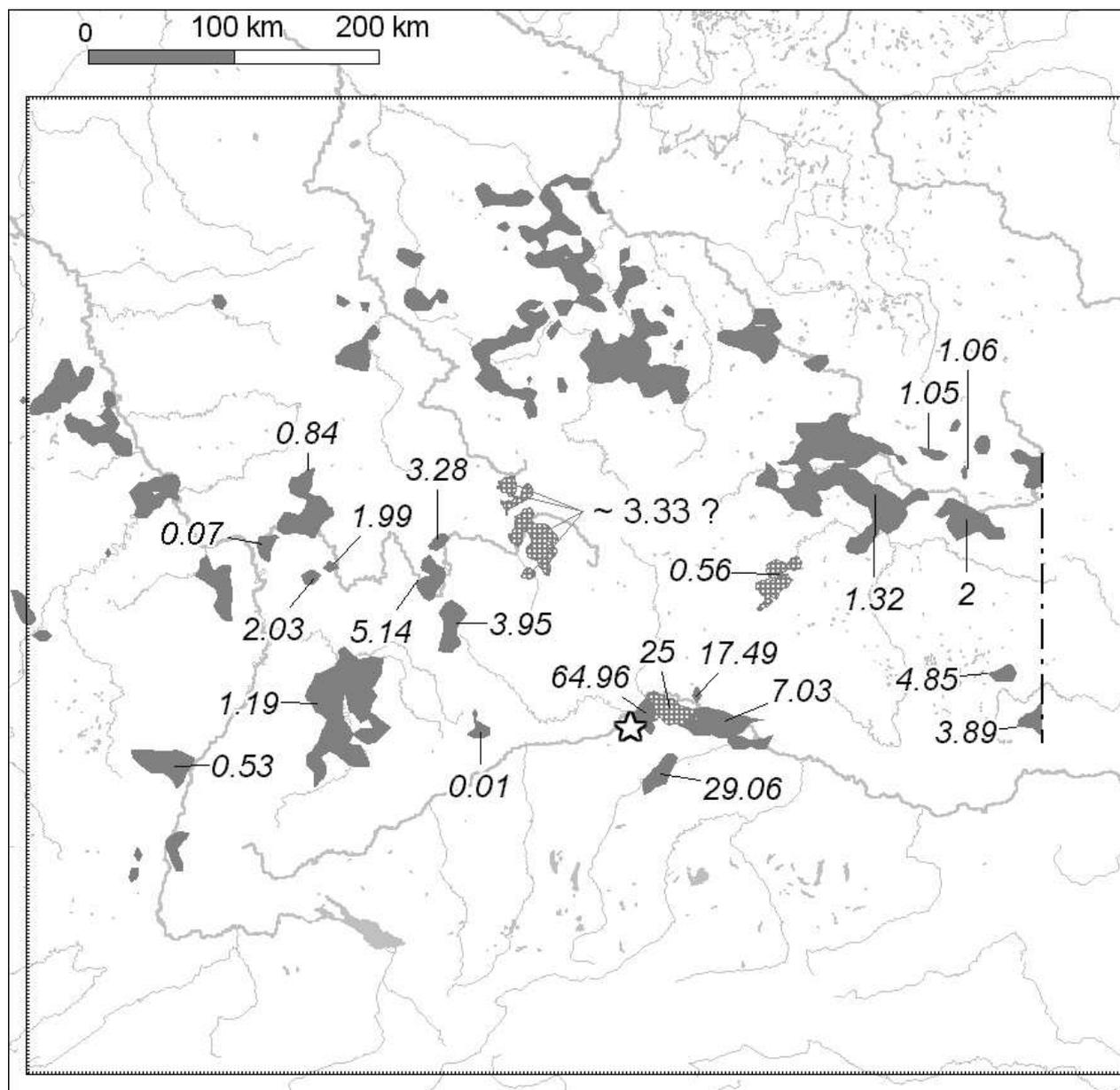


Abb. 4.12: Anteil der mit Arnhoferer Hornstein versorgten Haushalte im jeweiligen Siedlungsgebiet während des späteren Abschnittes der Bandkeramik (ca. 5200 v.Chr. bis 4950 v.Chr.). Die Zahlenbeschriftungen geben den Anteil in Prozent wider, den Arnhoferer Hornstein bei der Versorgung der Siedlungsgebiete spielte (vgl. Abb. 4.10, Abb. 4.11). Die schwarze Grenzlinie bezeichnet den Ostrand der Datengrundlage für die Besiedlung. Arnhofen ist mit einem Fünfeck-Stern kartiert.

Im Umkehrschluss ist dies also ein Beleg für die Qualität der eingeflossenen Daten, angefangen bei der Repräsentativität der Inventare und endend bei der angenommenen Besiedlungsdichte.

Wie nach den bisherigen Karten zu erwarten, war Arnhofener Hornstein während der Bandkeramik vor allem *für Niederbayern von Bedeutung*. Das gilt besonders für die Zentralzone um das Bergwerk. Hier verließ man sich weitgehend auf diese Quelle, basierte doch die Versorgung der Haushalte zu 65 % darauf. Auf der anderen Seite zeigt diese Situation noch einmal deutlich, dass man in der Bandkeramik bei der Silexversorgung kein Kosten minimierendes Wirtschaften anstrebte. Ohne größere Schwierigkeiten hätten die Haushalte der Zentralzone um Arnhofen auch völlig auf andere Rohmaterialien verzichten können. Dass man dagegen bis zu einem Drittel des Silex nicht aus dieser Quelle bezog, zeigt, wie wichtig die sozialen Aktivitäten und Bindungen waren, durch die man in den Besitz der anderen Silices gelangte. Vergegenwärtigt man sich, dass in der Umgebung des Bergwerkes ein Arbeitstag ausreichte, um einem Haushalt genügend Silex für ein ganzes Jahr zu sichern (s. o. 2.3.), wird deutlich, welche Rolle der Silex bei vielen Gelegenheiten spielen konnte. Ihn weiterzugeben, ja zu verschenken, demonstrierte Entgegenkommen bzw. Großzügigkeit in den gegenseitigen Beziehungen. Gleichzeitig war das Material für dieses Verhalten leicht zu haben.

Das Kelheimer Teilgebiet ist mehr oder weniger deckungsgleich mit der Zentralzone um das Bergwerk, die bei der Verbreitungskarte zu erkennen war (s. o. 4.2.2.). Im östlich anschließenden Regensburger Teilgebiet ist die Situation fast genau umgekehrt. Hier wird nur durchschnittlich ein Viertel aller Haushalte (25,0 %) mit Arnhofener Hornstein versorgt. Dieser Wert ähnelt in seiner Größenordnung ungefähr dem Anteil des gesamten restlichen Silex in der Zentralzone um das Bergwerk (35 %). An der Bedeutung des Arnhofeners in der Zentralzone um das Bergwerk ist zu erkennen, dass man stets einen gewissen Teil an Silex aus anderen Quellen als "Nebenprodukt" sozialer Aktivitäten erhielt – auch wenn man ihn ökonomisch nicht benötigte. Im Regensburger Teilgebiet machte der Arnhofener den Großteil genau dieses "Nebenprodukt"-Materials aus. Auf diesem Weg erhielt man also ein Viertel (Teilgebiet Regensburg) bis ein Drittel (Teilgebiet Kelheim) aller verbrauchten Silices.

Im kleinen Bogener Teilgebiet wurden nur noch 17,5 % der Haushalte mit Hornstein aus Arnhofen versorgt. Man war hier den Silexvorkommen nördlich von Regensburg und südöstlich von Deggendorf schon näher. Arnhofener erhielt man nur noch indirekt. Die Weitergabe des Hornsteins erfolgte bis hierhin stets durch ein dicht besiedeltes Gebiet. Dementsprechend geringer fiel seine Bedeutung aus. Der Versorgungsanteil des Bogener Teilgebietes stellt einen ungefähren Mittelwert zwischen den beiden größeren Nachbarn dar.

Im Straubinger Teilgebiet schließlich ist Arnhofener Hornstein für die Versorgung schon weitgehend unbedeutend (7 %). Hierher gelangte der Hornstein nur noch in geringen Mengen. Die Grundversorgung wurde aus anderen Quellen wie z. B. Flintsbach-Hardt gedeckt.

Die individuelle Untersuchung der Teilgebiete innerhalb des einen großen Siedlungsgebietes entlang der Donau erwies sich besonders wegen der zu erwartenden regionalen Unterschiede als gerechtfertigt. Bei einer Zusammenfassung wären die großen Differenzen hinter einem wenig aussagekräftigen Wert von 19,9 % (221 von 1107 Haushalten) verschwunden. So zeigt sich nun ein detailliertes Bild. Nach einem zunächst rapiden Rückgang an der Grenze der Zentralzone (Zentralzone 65 %) nahm die wirtschaftliche Bedeutung außerhalb dieser Zone donauabwärts kontinuierlich ab (25 % - 17,5 % - 7 %).

Auch hier ist nicht zu erkennen, dass bei der Weitergabe die Transportkosten minimiert werden sollten. Ginge die Verteilung des Arnhofener Hornsteins von Vollzeitspezialisten aus, die auf eigene Rechnung Handel betrieben ('free lance trader'; RENFREW 1972, 468f.), sollte gerade das Gegenteil der vorgefundenen Situation auftreten. Mit Wasserfahrzeugen könnte man flussabwärts entlang eines gut schiffbaren Stromes große Mengen vertreiben. Die Art der Abnahme der wirtschaftlichen Bedeutung Richtung donauabwärts stellt also noch einmal ein stichhaltiges Gegenargument gegen diese Art der Weitergabe dar. Bei einer Weitergabe von Hand zu Hand ist hingegen ein Szenario wie das vorgefundene zu erwarten. Allerdings ist der Versorgungsanteil im Regensburger Teilgebiet mit 25 % scheinbar etwas hoch. Wahrscheinlich ist er aber das Ergebnis der Bündelung von verschiedenen Weitergabeverbindungen, die durch diese Region laufen. Sowohl die nach Böhmen weisenden Verbindungen als auch die bis Niederösterreich (Melk) reichenden Beziehungen dürften durch dieses Gebiet verlaufen sein.

Aus den offensichtlichen Unterschieden zwischen den Teilgebieten des Donauesiedlungsgebietes ergibt sich für zukünftige Arbeiten dieser Art eine Empfehlung: Wenn ein wirtschaftliches Phänomen innerhalb eines Siedlungsgebietes erkennbar in mehrere unterschiedliche Teilregionen zerfällt, sollte man diese Aufteilung auch bei der Untersuchung berücksichtigen. Hier ergab sich die Unterteilung zufällig aus der Ergänzung der Besiedlungsdaten. Wünschenswert wäre dagegen eine Unterteilung mit Methoden aus dem Repertoire der GIS-Berechnungen. Die Auffindung solcher Unterteilungen könnte beispielsweise über die pro Siedlungsgebiet durchgeführte Untersuchung des Gefälles der Anteilsschätzkarte erfolgen (Modul 'slope' bzw. Gefälle bei der Rasterkartenanalyse).

Vom Siedlungsgebiet an der mittleren Isar einmal abgesehen, ähneln sich die *Versorgungsanteile in allen anderen Gebieten*, in die Arnhofener Hornstein gelangte. Sie liegen dort überall im einstelligen Bereich.

Der Hornstein wurde zwar bis an Neckar, Main und Moldau verbreitet und die Weitergabe überbrückte dabei Entfernungen von über 200 km. Aber in diesen entfernten Regionen hatte er keine Bedeutung für die Versorgung. Eine ökonomische Motivation bei der Weitergabe scheidet also aus. Dass er dennoch dorthin gelangte, ist also ein sicheres Anzeichen für eine Weitergabe von Hand zu Hand.

Das *Auftauchen in weit entfernten Regionen* lässt sich durch eine theoretische Überlegung zum Hand-zu-Hand-Tausch erklären. Er ist in der Regel mit balanzierter Reziprozität verbunden (s. o. 4.1.2.). Deshalb stehen bei ihm eher die mit der Weitergabe ausgedrückten Beziehungen im Vordergrund, als die ökonomische Bedeutung der weitergegebenen Güter. Weil diese Objekte aber das materielle Symbol für die mit dem Tausch aufgebaute Beziehung sind, eignen sich besonders nicht-alltägliche Dinge für diesen Tausch.

In traditionellen Gesellschaften dürften dies in besonderem Maße Gegenstände aus großen Entfernungen gewesen sein, die nach Ansicht der Kulturanthropologin Mary Helms gerade grundsätzlich in die Klasse der besonderen, ja geradezu magischen Objekte eingeordnet werden (dies. 1988, 118ff.; vgl. o. 4.1.3.). Das schließt jedoch nicht aus, sie nach dem Tausch gemäß ihrer profanen Funktionalität weiter zu verwenden. Arnhofener Hornstein könnte – neben anderen Silices oder sonstigen Gegenständen wie etwa Spondylusschmuck – in den weiter entfernten Siedlungsgebieten genau diese Rolle angenommen haben. Er wurde zwar als etwas besonders angesehen, gleichzeitig aber ganz normal im Alltag verwendet.

Dass die Versorgungsquote des Arnhofener Hornsteins in den weit entfernten Regionen nur zwischen beinahe Null und etwa 5 % schwankt, zeigt, in den betroffenen Siedlungsgebieten war dieser Silex ökonomisch bedeutungslos. Dabei wurden allerdings immer wieder schlecht gestützte Bereiche der Interpolation mit der Besiedlungsdichte verrechnet. Die jeweiligen Resultate stellen daher vorerst nur grobe Anhaltspunkte dar. Einzig die Werte der drei kleineren westfränkischen Siedlungsgebiete und des Neckargebietes basieren auf einer durchgehend guten Datenbasis. Dort treten nun Werte zwischen einem und fünf Prozent auf. Es ist daher gerechtfertigt, auch alle anderen, ähnlich ausfallenden Versorgungsanteile als reale historische Größen anzusehen.

Die Ausnahme von dieser Situation bildet das *Siedlungsgebiet an der mittleren Isar* im westlichen Nieder- bzw. östlichen Oberbayern. Für die Versorgung dieses Gebietes ist die wirtschaftliche Bedeutung Arnhofens höher als bei allen anderen Gebieten außerhalb der Zentralzone. Der Versorgungsanteil liegt hier sogar noch über dem des Regensburger Teilgebietes.

Da diese Region, abgesehen von in den Isarschottern transportierten Geröllen, über keine eigenen Rohstoffvorkommen verfügt, ist eine Quelle, aus der knapp ein Drittel der gesamten Versorgung (29 %) gespeist wird, von besonderer Bedeutung für die Bewohner dieses Siedlungsgebietes.

Die folgenden Überlegungen werden zeigen, wie die besondere Beziehung zwischen dem *Isargebiet und Arnhofen* zustande kam, und wie sie sich im Weiteren auswirkte. Für die Bewohner dieses Gebietes im westlichen Niederbayern war es möglich, die Schwächen eines Hand-zu-Hand-Tausches durch das Anknüpfen von direkten Kontakten mit der Zentralzone zu umgehen. Sowohl die in der Umgebung Arnhofens wahrgenommene Nachfrage aus Niederbayern, als auch die Möglichkeit, mit diesen Fremden negativ reziprok zu tauschen, könnte vermehrt Anlieger um das Bergwerk motiviert haben, die Abbautätigkeit in Arnhofen zu erhöhen. Die Bewohner anderer rohstoffarmer Regionen erfuhren durch die mit dem Tausch von Hand zu Hand verbundenen Kontakte von dieser für sie interessanten Möglichkeit. Auch sie entschieden sich immer häufiger, direkt zur Gewinnungsstelle zu reisen, um dort größere Mengen einzutauschen. Die Anlieger des Bergwerks wiederum reagierten mit einer weiteren Abbauintensivierung. Der üblicherweise in der Bandkeramik praktizierte Tausch von Hand zu Hand wurde aufgegeben. Immer weitere ähnlich schlecht versorgte Regionen schlossen sich an. Ein sich selbst verstärkender Prozess war in Gang gesetzt worden. Im Laufe der Zeit wurde diese Entwicklung irreversibel und die Beteiligten praktizierten nun eine neue Art der Weitergabe.

Zu den Regionen die als erstes ebenfalls direkten Kontakt mit Arnhofen aufnahmen gehörte das Pilsener Becken. Diese Entwicklung bietet eine Erklärung für die von Břicháček und Metlička festgestellten extrem hohen Anteile (ca. 80 %) von Arnhofener Hornstein in den spätbandkeramischen Siedlungen bei Pilsen (dies. 2002, 33). Als Konsequenz dürften in der weiteren Entwicklung vor allem rohstoffarme Gebiete diese Möglichkeiten wahrgenommen haben, die schon bisher (indirekte) Kontakte in die Umgebung Arnhofens gepflegt hatten.

Die letztendliche Ursache dieser skizzierten Entwicklung ist in der Kopplung einer Reihe von demographischen, geographischen und sozialökonomischen Faktoren zu suchen. Arnhofen stellt eine Rohstoffquelle dar, deren Ausstoß bei neolithischen Abbaumethoden alleine von der Zahl der eingesetzten Bergleute abhing. An das Bergwerk schließt unmittelbar nördlich ein dicht besiedeltes Gebiet an, dessen Bewohner größtenteils abbauberechtigt gewesen sein dürften (s. o. 3.1. und 3.2.6.). Arnhofen ist zugleich die Quelle, die dem rohstoffarmen, aber dicht besiedelten Gebiet an der mittleren Isar am nächsten liegt. *Für die wirtschaftshistorische Entwicklung waren demnach die wichtigsten Faktoren die siedlungsgeographische Struktur und das geologisch bedingte Ressourcenpotential.*

Zwei Aspekte sind dabei besonders hervorzuheben. Der Erste betrifft die Chronologie. Der Übergang vom Hand-zu-Hand-Tausch zu einem anderen Weitergabesystems setzt bereits in der Bandkeramik ein. Er läuft nicht parallel zur kulturhistorischen Entwicklung vom Alt- zum Mittelneolithikum. Sein Ursprung liegt vor dem 50. Jh. v. Chr. Der zweite Aspekt ist das Tempo der Veränderung. Was die Quantitäten anbelangt, ist von einem kontinuierlichen Prozess auszugehen, bei dem Schritt für Schritt immer weitere, rohstoffarme Regionen direkten Kontakt zur Umgebung von Arnhofen aufnahmen. Am Anfang stand das Isargebiet, es folgte das Pilsener Gebiet. Am Übergang zum Mittelneolithikum schlossen sich weitere an (s. u. 4.3.4.).

Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung des Arnhofener Hornsteins in der Bandkeramik kann man auch *Vergleiche mit anderen Weitergabesystemen* anstellen. Dafür wird wieder auf die Isolinienkarte zum Anteil des Arnhofener Hornsteins zurückgegriffen.

Voraussetzung ist, dass die verglichenen Phänomene mit verwandten Methoden untersucht wurden und deshalb auch vergleichbare Daten liefern können. Dafür bietet sich zum einen der ebenfalls im Tausch von Hand zu Hand weitergegebene Rijckholt-Feuerstein an, für den die Isolinienkarte auch mit 'minimum curvature' erzeugt wurde (ZIMMERMANN 1995). Zum anderen kann eine ganze Reihe kalifornischer Obsidiantauschsysteme herangezogen werden, die von Ericson untersucht wurden (ders. 1977; ders. 1981; s. o. 4.1.1.).

An erster Stelle ist dabei die Frage der *Grenze eines Systems* zu klären. Ericson benutzte die Zehn-Prozent-Isolinien seiner Obsidianverbreitungskarten als Anhaltspunkt für die Ausdehnung des jeweiligen Tauschnetzwerkes. In Anlehnung an dieses Vorgehen wird hier ebenfalls die Zehn-Prozent-Isolinie als Grenze des Weitergabesystems verwendet (**Abb. 4.13**). Ericson rechtfertigte seine Auswahl nicht mit methodischen Überlegungen.

Will man eine Isolinie mit methodisch guter Begründung auswählen, könnte man diejenige auswählen, bei der der größte Flächenzuwachs erfolgte (ZIMMERMANN et al. 2004, 53f.). Eine Überprüfung ergab, dass bei diesem Vorgehen – bei Zehn-Prozent-Schritten zwischen den Isolinien – interessanterweise auch die Zehn-Prozent-Isolinie ausgewählt worden wäre. Diese Koinzidenz beruht nicht auf Zufall, sondern auf einer Eigenschaft der Interpolationsoberfläche. Wie im vorangehenden Abschnitt (4.2.3.) gezeigt werden konnte, folgt der Verlauf dieser Oberfläche im Wesentlichen einer Exponentialfunktion. In diesem Fall sollte aus einfachen mathematischen Gründen der größte Flächenzuwachs stets mit dem Isolinienwert verbunden sein, der den Bereich unmittelbar nach dem Umbruch vom steilen zum flachen Oberflächenverlauf erfasst.

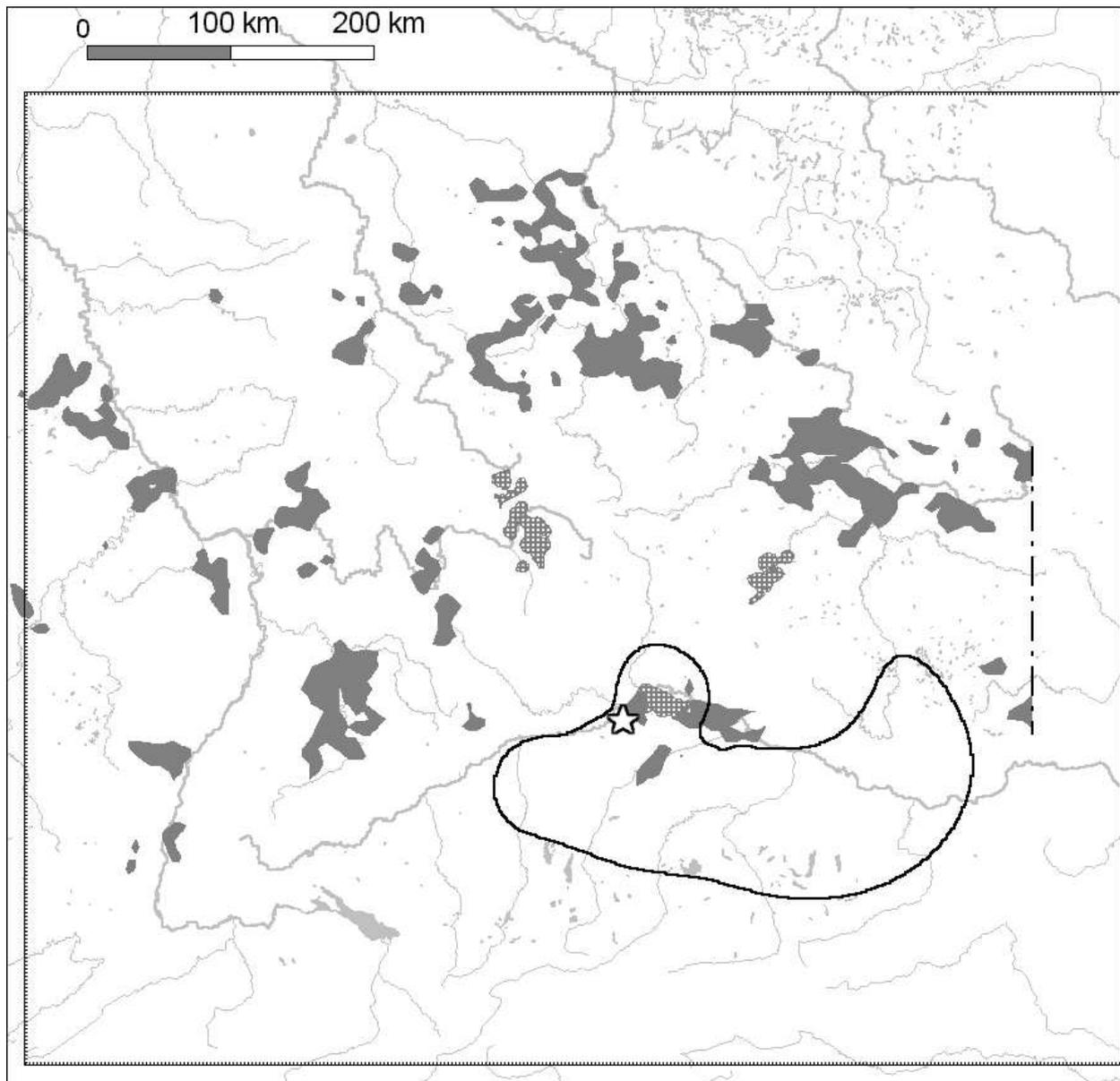


Abb. 4.13: Größe des Tauschnetzwerkes für Arnhofener Hornstein während der mittleren bis späteren Bandkeramik im Südwestlichen Mitteleuropa. Die Zehn-Prozent-Isolinie der Häufigkeits-schätzung (vgl. o. Abb. 4.5) wird aus Vergleichsgründen als Grenze des Tauschnetzwerkes betrachtet.

Die Fläche erstreckte sich demnach über etwa 35 924 km<sup>2</sup> mit 965 Haushalten. Bei sechs Personen pro Haushalt wohnen nach genauer Rechnung mindestens 5466 Personen in diesem Areal. Die Siedlungsgebiete (s. o. Abb. 4.10) wurden dunkelgrau unterlegt. Die schwarze Grenzlinie am Ostrand bezeichnet den Ostrand der Datengrundlage für die Besiedlung. Arnhofen ist mit einem Fünfeck-Stern kartiert.

Sowohl aus praktischen als auch aus methodischen Gründen ist die Auswahl der Zehn-Prozent-Isolinie im Fall der Bandkeramik vertretbar. Die Zehn-Prozent-Isolinie wird der Einfachheit halber im Folgenden als *Systemgrenze* oder *Grenzlinie* bezeichnet.

Bevor die Ähnlichkeiten und Unterschiede erörtert, und die Stellung des Arnhoferer Tauschsystems unter den Vergleichsbeispielen herausgearbeitet werden kann, sind die zwei Punkte *Grenzziehung und Vergleichsdaten* zu diskutieren.

Mit dem ersten Punkt kehrt man noch einmal zur Auswahl bedeutsamer Isolinien bei Häufigkeitskarten und damit zur *Grenzziehung* zurück. Man könnte nämlich auch versuchen, die entsprechende Größe aus wirtschaftstheoretischen Überlegungen abzuleiten. Bis zu welchem Prozentsatz eines Rohmaterials wäre sein Verlust für die Verbraucher zu verschmerzen?

Die Entbehrlichkeit eines Rohmaterials wird sich in der Linearbandkeramik in Regionen mit vielen Vorkommen – wie hier im Fall der albnahen Siedlungsgebiete – auf einer kontinuierlichen Skala bewegt haben. Bei den quellennahen Regionen warf wohl auch der Verlust eines größeren Prozentsatzes keine Engpässe auf, da man ihn mit anderen Quellen ersetzen konnte. Anders dagegen in Siedlungsgebieten, die nur wenige Quellen direkt erreichen konnten.

Zur allgemeinen Klärung dieses Sachverhaltes bedürfte es der gemeinsamen Kartierung von Siedlungsgebieten und aller (!) Rohmaterialvorkommen, die im (Alt-) Neolithikum genutzt wurden. Der dafür nötige Aufwand übersteigt aber den Rahmen dieser Arbeit. Einen Überblick zu den größeren Vorkommen vermittelt die Arbeit von Zimmermann (ders. 1995).

Als intuitiven Behelf könnte man diejenige Isolinie aussuchen, die mit dem stärksten Rückgang der Anzahl an Einzelflächen zusammen fällt (ZIMMERMANN et al. 2004, 53f.). Bei der Bandkeramik läge diese Schwelle hier bei etwa 32 % bis 39 % bzw. 30 % bei Zehnerschritten. Die Begründung wäre, dass man mit diesem Wert alle Regionen erfasst, innerhalb derer der Anteil eine besondere Rolle im Vergleich zur Umgebung spielte. Wenn man nun diesen Schwellenwert der Rohmaterialhäufigkeit wiederum auf die Versorgungsanteile, also den Prozentsatz versorgter Haushalte, überträgt, ergibt sich eine interessante Beobachtung (s. o. Abb. 4.12).

Die Siedlungsgebiete lassen sich klar in zwei Gruppen teilen. Die erste wird von der Zentralzone, die zweite von allen anderen Regionen gebildet. Mit 29,1 % liegt das Isargebiet sehr nahe an dieser Schwelle. Bedenkt man, wie wenig "eigene" Silexvorkommen es besitzt, scheint es gerechtfertigt, es ebenfalls zur der Gruppe zu zählen, deren Versorgung essentiell vom Arnhoferer Hornstein abhing. Die Regensburger Region hingegen besaß zahlreiche "eigene" Silexvorkommen. Obwohl hier noch 25 % Versorgungsanteil auf den Arnhoferer entfallen, wird er wohl keine besondere Rolle bei der (eigenen) Versorgung gespielt haben.

Der zweite Punkt betrifft die Qualität der Vergleichsdaten. Zu folgenden Phänomenen wurden Daten erhoben: Fläche des Systems, Einwohnerzahl (bzw. Haushaltszahl) innerhalb der Grenze, weitest entfernter Punkt der Grenze, Anteilsspannweite in 40 km Entfernung, Anteilsspannweite

in der direkten Umgebung der Quelle und durchschnittlicher Anteil innerhalb eines Radius von 40 km um das Bergwerk.

Tauschsystem auf	Fläche in km <sup>2</sup>	Einwohner (Haushalte)	Reichweite in km (ungesichert)	Höchste Anteile nahe Quelle	Anteils-spanne bei 40 km	Durchschnitt innerhalb 40 km Umkreis
Abensberg-Arnhofen	35924	5790 (965)	100 (243 ?)	71 %	0 – 40 %	32,4 %
Rijckholt	> 72000?	> 17400 ? (>2900 ?)	~ 360 ?	(91 % ?)	70 – 90 % ?	?
Fish Springs	?	17000	68	40 – 50 %	15 – 25 %	?
Obsidian Butte	?	21000	159	60 – 70 %	30 – 50 %	?
Annadel	?	30000	98	20 – 30 %	0 – 10 %	?
Medicine Lake	?	31000	209	70 – 80 %	30 – 60 %	?
Surprise Valley	?	36000	241	60 – 70 %	30 – 60 %	?
Coso	?	74000	162	70 – 80 %	15 – 45 %	?
Bodie Hills	?	98000	226	90 – 100 %	40 – 50 %	?
Clear Lake	?	110000	138	70 – 80 %	10 – 60 %	?
Casa Diablo	?	354000	256	90 – 100 %	40 – 60 %	?
St. Helena	?	392000	206	70 – 80 %	30 – 60 %	?

Tab. 4.3: Tauschsysteme. Quantitative Eigenschaften von Tauschsystemen bezogen auf die Zehn-Prozent-Isolinie der Anteilskarte.

Die Einwohnerzahl ist eine Bevölkerungsschätzung für die Fläche innerhalb der Systemgrenze. Bei den europäischen Tauschsystemen beruht sie auf detaillierten Berechnungen zur Besiedlungsdichte. Hier ist in Klammern noch die Haushaltszahl angegeben. Die Reichweite ist die größte Entfernung zwischen Grenzlinie und Rohstoffquelle. Alle Tauschsysteme unterhalb der Doppellinie beziehen sich auf kalifornische Obsidiane. Diese sind nach der Bevölkerungszahl geordnet (Rijckholt: ZIMMERMANN 1995, 112 Abb. 37 und ZIMMERMANN et al. 2004, 86 Abb. 16; kalifornische Obsidiane: ERICSON 1981, 119ff.).

Nur für Arnhofen liegen alle diese *Vergleichsdaten* vor (**Tab. 4.3**). Bei allen anderen Vergleichsfällen fehlen Angaben und manchmal ist die Vergleichbarkeit eingeschränkt. Für die kalifornischen Obsidianweitergabesysteme fehlen Informationen zur Fläche innerhalb der Grenzlinie. Als alternatives Maß für die Größe wird statt der Fläche der sog. “radius of catchment“ angegeben, der Abstand zwischen Gewinnungsstelle und dem am weitesten von der Quelle entfernten Punkt der Grenzlinie (ERICSON 1981, 118ff.). Zwar liegen zu allen Tauschsystemen auch Schätzungen zur Bevölkerungszahl innerhalb der Systemgrenzen vor, hier ist die Vergleichbarkeit mit den

kalifornischen Daten eingeschränkt. Kalifornien wurde zwar von relativ sesshaften Gruppen bewohnt, bei allen handelte es sich allerdings um Gemeinschaften mit aneignender Lebensweise (FAGAN 1993, 211, 215 und 223).

Die europäischen Daten beziehen sich dagegen auf nahrungsproduzierende Gesellschaften, die zudem über Generationen am selben Platz wohnten. Die kalifornischen Angaben zur Bevölkerung sind also nur bedingt vergleichbar. Die Größenordnung dieser Bevölkerungszahlen sind allerdings ernst zu nehmen. So lebten zu Beginn der Kolonialzeit (um 1770 n. Chr.) noch etwa 300 000 Menschen in Kalifornien (FAGAN 1993, 211). Das waren jedoch nur die Überlebenden von europäischen Seuchen, die die präkolumbische Bevölkerung Nordamerikas bereits seit Anfang des 16. Jhs. n. Chr. um bis zu 90 % dezimiert hatten (DOBYNS 1983; zit. nach FAGAN 1993, 431 und 440; vgl. DIAMOND 2006).

Beim Rijckholt-Feuerstein liegt eine andere Problematik vor. Von diesem Weitergabesystem wurde stets nur die östliche Hälfte betrachtet (ZIMMERMANN 1995, 112 Abb. 37; ZIMMERMANN et al. 2004, 86 Abb. 16). Abgedeckt wird der Bereich, der heute in Deutschland, Luxemburg und Südostfrankreich liegt, die Niederlande, Belgien und das nordöstliche Frankreich fehlen. Da im südlichen Belgien beiderseits der Maas zahlreiche andere Feuersteinvorkommen liegen (ZIMMERMANN 1995, 10 Abb. 2), ist völlig unklar, welche Ergebnisse eine Interpolation zur Verbreitung des Rijckholt-Feuersteins hier erbringen würde. Alle Daten sind daher unsicher und deshalb in der Tabelle mit Fragezeichen versehen. Im Prinzip können sie als Minimalangaben betrachtet werden. Die Daten für die Osthälfte der Rijckholtverbreitung wurden per Hand nachgemessen bzw. aus nachdigitalisierten Karten ermittelt.

An dieser Stelle sind noch einige Anmerkungen zur *Methodik der Vergleichsdatenerhebung* nötig. Für die Ermittlung des "radius of catchment" wurden bei Arnhofen mehrere Operationen im GIS ausgeführt (MapInfo Professional – Vertical Mapper 3.0). Eine davon ist allgemein anwendbar zur Ermittlung von Entfernungen zwischen Grenzlinien und einem darin gelegenen Punktobjekt. Dafür wird eine Rasterkarte mit den Abstandswerten zum Punktobjekt erzeugt ('grid buffer'). Danach wird für die umgrenzte Region durch einen speziellen Analyseschritt die höchste auftretende Entfernung ermittelt ('region inspection' – 'maximal node value'). Auf gleiche Weise kann man verfahren, wenn es um den Abstand mehrerer Punktobjekte zu einer sie umschreibenden Grenzlinie geht. Mit einem ähnlichen Arbeitsschritt wurde auch der durchschnittliche Anteil innerhalb des 40 km Radius berechnet ('region inspection' – 'average node value'). Zusätzlich wurden noch digital-manuelle Einzelmessungen durchgeführt.

Für die Ermittlung des durchschnittlichen Anteils innerhalb des 40 km Radius benötigt man Zugriff auf digital vorliegende Rasterkarten. Auf eine Nachdigitalisierung der Isolinien bei den Vergleichsbeispielen wurde wegen des Arbeitsaufwandes verzichtet. Besagter Anteil kann also nur für Arnhofen angegeben werden. Er ist aber eigentlich nur im Hinblick auf den Vergleich mit der Entwicklung im Mittelneolithikum von Bedeutung. Ebenso wurde auf die Flächenermittlung für die kalifornischen Systeme verzichtet.

Beim *Vergleich der Flächen* ist zu bedenken, dass bei Arnhofen ein Großteil des umgrenzten Areal auf ungestützte Interpolationsbereiche im westlichen Österreich zurückgeht. Die angegebenen 35 900 km<sup>2</sup> sind daher mit einer hohen Aussageunsicherheit behaftet. Ebenso könnte die Fläche nur halb so groß sein. In jedem Fall handelt es sich beim bandkeramischen Arnhofen um ein kleines Tauschsystem, wie der Blick auf die Verbreitung des Rijckholt-Feuersteins zeigt. Gegenüber dessen mindestens 72 000 km<sup>2</sup> Fläche fällt der Wert bei Arnhofen um eine ganze Größenklasse geringer aus.

Betrachtet man die *Zahl der Menschen*, die innerhalb der hier besprochenen Grenze wohnten, ergibt sich zwischen den beiden europäischen Beispielen wiederum ein ähnliches Verhältnis. Innerhalb des Arnhofener Tauschsystems lebten nur ein Drittel der Menschen (5 800), die beim Rijckholtsystem zu erwarten sind (> 17 400). Die Schätzung der Bevölkerungszahl beruht dabei auf der Zahl der Haushalte. Hier werden sechs Personen pro Haushalt veranschlagt (ZIMMERMANN et al. 2004, 73).

Bereits bei der Betrachtung der möglichen Kontaktpersonen für das Anknüpfen von Tauschbeziehungen zeigte sich (s. o. 4.2.2.), dass in der weiteren Umgebung von Rijckholt neunmal mehr Menschen wohnten, als in der von Arnhofen. Da diese Zahl die Größe eines Tauschsystems entscheidend beeinflusst (s. o. 4.1.3.), wird nun auch klar, wieso das Tauschsystem für den Arnhofener Hornstein so klein, und das für Rijckholt-Feuerstein so groß war. Für die spätere Entwicklung des Arnhofener Systems ist dabei noch ein Verhältnis von besonderer Bedeutung. Hier lief das Geflecht der Tauschbeziehungen für etwa 5 800 Personen in einem Personenkreis von maximal 1000 zusammen, was etwa sechs zu eins entspricht.

Beim Rijckholt-Feuerstein betrug dieses Verhältnis dagegen nur etwa zwei zu eins (mehr als 2900 Haushalte zu ca. 1 600 Haushalten; s. o. 4.2.2.). Bereits in der Bandkeramik war daher für die Anlieger von Arnhofen der Tausch mit einer wesentlich höheren Konzentration von persönlichen Beziehungen verbunden, als für die Menschen, die im Weitergabesystem des Rijckholt-Feuersteins involviert waren. Die Kontaktaufnahme mit einer größeren Personenzahl führt nun automatisch zu einem unpersönlicheren Verhältnis im Einzelfall.

Eine erhöhte persönliche bzw. soziale Distanz wiederum senkt die Chance für balanciert reziproke Tauschbeziehungen und erhöht die Chance für negative Reziprozität (SAHLINS 1974, 199 Fig. 5.1). Bereits in der Bandkeramik war damit neben den oben erwähnten Faktoren ein weiterer Keim für die spätere Entwicklung hin zum mittelnolithischen zielgerichteten Handel gelegt (s. u. 4.3.).

Interessanterweise liegen bei fast allen kalifornischen Systemen die Bevölkerungsschätzungen höher als bei den beiden europäischen Systemen. Die kalifornischen Systeme übertreffen die europäischen hier scheinbar bei Weitem. Arnhofen liegt auch bei dieser Kategorie am unteren Ende der Skala und erweist sich als ein sehr kleines System. Wenn man allerdings an diesem Punkt, entsprechend der Überlegung zur Zahl der mit den Siedlungsgebieten nicht erfassten Haushalte (s. o.), die Angaben bei den beiden europäischen Systemen verdoppelt, lässt sich zumindest Rijckholt mit einer Bevölkerung von 34 800 Menschen gut zwischen den kalifornischen Vergleichsbeispielen einordnen. Die Position von Arnhofen verändert sich dagegen nicht. Es ist auch unter diesem Gesichtspunkt in jedem Fall als sehr kleines System zu betrachten. Unter wirtschaftshistorischen Gesichtspunkten ist bemerkenswert, dass die kalifornischen Tauschsysteme bei den (teils sesshaften) Jägern und Sammlern, die zudem noch (teilweise) als Weitergabe von Hand zu Hand organisiert waren, bis zu 400 000 Menschen umfassen konnten.

Die *Reichweite der Weitergabe* ist im Fall Arnhofen wieder von der Aussageunsicherheit betroffen, die sich mit dem Areal des westlichen Österreichs und Südböhmens verbindet.

Nimmt man die größte Entfernung (Arnhofen-Waldviertel 243 km) zwischen Zehn-Prozent-Isolinie und Arnhofen ernst, ergibt sich eine relativ große Reichweite. Gut abgesichert ist aber erst die Grenzziehung an der Donau im Bereich der Lechmündung, was einer Entfernung von 100 km entspricht. Mit dem Mittelwert zwischen beiden (171,5 km) läge Arnhofen sehr nahe am Mittelwert der kalifornischen Systeme von 176,3 km. Eine realistische Annahme dürfte demnach in dieser Größenordnung liegen. In jedem Fall bewegt sich Arnhofen mehr oder weniger im Mittelfeld der Vergleichsbeispiele. Auffällig ist dagegen die bereits diskutierte Reichweite beim Rijckholt-Feuerstein, die in etwa dem Doppelten des kalifornischen Durchschnittes entspricht. Möglicherweise konnte hier durch die große Zahl an Kontaktpersonen (9 000; ungefähre Einwohnerzahl des Rheinlandes) eine so erhebliche Menge Silex in die Weitergabekanäle eingespeist werden, dass trotz Verbrauch noch wesentlich mehr Weitergabestationen bedient werden konnten, als bei den anderen Systemen.

Als *Anteil in der Rohmaterialquellenumgebung* wurde für Arnhofen der Prozentsatz von Mitterfecking verwendet (71 %; s. o. 3.2.1.). Er liegt innerhalb einer Spannweite von 60 % bis 80 %. In diesem Bereich streuen auch die Werte bei sechs der zehn kalifornischen Systeme.

Nur bei zwei kleineren und bei zwei sehr großen Systemen fallen sie anders aus. Bei dieser Kategorie erscheint es, als ob ein solcher Wertebereich bei der Spannweite sogar die Regel bildet. Möglicherweise stellt dieser Befund sogar eine interkulturell verallgemeinerbare Eigenschaft von Weitergabesystemen auf Hand-zu-Hand-Basis dar. Der Wert beim Rijckholt-Feuerstein entspricht dagegen dem bei den großen kalifornischen Systemen (Laurenzberg 7: 91 %; ZIMMERMANN 1995, 111 Abb. 36 Nr. 3).

Die *Anteilsspanne bei 40 km Entfernung* ist bei den kalifornischen Systemen besonders im Bereich zwischen 30 % und 60 % gut belegt. Der zentrale, bei acht Systemen auftretende Wertebereich liegt zwischen 40 % und 45 %. Arnhofen reicht mit  $>0$  % bis 40 % ebenfalls noch knapp hieran. Das untere Ende der Spannweite ( $>0$  %) geht auf die Problematik zurück, die mit der Beseitigung der negativen Schätzwerte verbunden ist (vgl. o. 4.1.2.). Wie erläutert, sollte bei Regionen, die im Inneren des Verbreitungsbereiches liegen und den Schätzwert Null aufweisen, eher eine einstellige Häufigkeit angenommen werden. Dementsprechend würde die Arnhofener Spannweite hier 5 % bis 40 % lauten. Sie läge damit wieder im unteren Streubereich der kalifornischen Daten.

Der letzte Kennwert für die wirtschaftshistorische Beurteilung ist vorläufig noch ohne Vergleichswert. Der *durchschnittliche Anteil innerhalb von 40 km* beträgt bei der bandkeramischen Verbreitung 32,4 %. Dabei dürfte es sich allerdings um einen nach unten verzerrten Wert handeln. Ein Viertel der Fläche, für den der durchschnittliche Anteil erhoben wurde, überschneidet sich nämlich mit Bereichen der südöstlichen Alb, in denen aus methodischen Gründen Unterschätzungen durch Nullwerte ersetzt wurden. Würde man hier die realistischeren niedrigen positiven Werte im einstelligen Prozentbereich verwenden, so dürfte der Wert eher um die 40 % liegen.

Aus diesem letzten Vergleich geht hervor, dass das auf Arnhofener Hornstein ausgerichtete bandkeramische Tauschnetzwerk für jungsteinzeitliche Verhältnisse selbst im mitteleuropäischen Rahmen ein relativ kleines Rohmaterialtauschsystem darstellte. Das lag an der verhältnismäßig geringen Zahl von Anliegern, mit denen interessierte Nachbarn Tauschbeziehungen knüpfen konnten. In Verbindung mit dieser Situation führte die besondere Lage zu den benachbarten Siedlungsgebieten und deren Versorgungssituation zur Veränderung weg von der Weitergabe von Hand zu Hand, die in der Bandkeramik zunächst auch im Fall Arnhofen praktiziert wurde.

Die Veränderungen, die schließlich im Mittelneolithikum zu einem ganz anderen Tauschsystem führten, begannen bereits in der Bandkeramik. Es dürfte sich um einen kontinuierlichen Prozess von mehreren Generationen Dauer gehandelt haben.

Während dieser Zeit am Ende der Bandkeramik knüpften von Generation zu Generation immer mehr Menschen aus anderen, weit entfernten Siedlungsgebieten weitreichende Kontakte in die Umgebung von Arnhofen. Dort reagierte man auf die neuen Möglichkeiten mit Rodungen auf dem Bergwerk und einer Erweiterung des Abbaus, erkennbar an der Zunahme zeitgleicher C<sup>14</sup>-Daten vom Bergwerk (s. o. 2.1.2.).

Die größten Veränderungen spielten sich in der Zentralzone um Arnhofen ab. Hier verbrachten zunehmend mehr Menschen mehr Zeit mit dem Abbau von Hornstein. Die Bergleute und ihre Familien wurden zum wichtigen Partner von fremden Menschen aus weit entfernten Regionen und andersartigen Gesellschaften. Das nächste Teilkapitel wird das Ergebnis dieser Entwicklung auf ihrem Höhepunkt zeigen.