



<https://publications.dainst.org>

iDAI.publications

ELEKTRONISCHE PUBLIKATIONEN DES
DEUTSCHEN ARCHÄOLOGISCHEN INSTITUTS

Dies ist ein digitaler Sonderdruck des Beitrags / This is a digital offprint of the article

Benjamin Ducke – Knut Rassmann
Modellierung und Interpretation der Kommunikationsräume des 3. und frühen 2. Jahrtausends v. Chr. in Europa mittels Diversitätsgradienten

aus / from

Archäologischer Anzeiger

Ausgabe / Issue **1 • 2010**

Seite / Page **239–261**

<https://publications.dainst.org/journals/aa/72/4782> • urn:nbn:de:0048-journals.aa-2010-1-p239-261-v4782.2

Verantwortliche Redaktion / Publishing editor

Redaktion der Zentrale | Deutsches Archäologisches Institut

Weitere Informationen unter / For further information see <https://publications.dainst.org/journals/aa>

ISSN der Online-Ausgabe / ISSN of the online edition **2510-4713**

Verlag / Publisher **Hirmer Verlag GmbH, München**

©2017 Deutsches Archäologisches Institut

Deutsches Archäologisches Institut, Zentrale, Podbielskiallee 69–71, 14195 Berlin, Tel: +49 30 187711-0

Email: info@dainst.de / Web: dainst.org

Nutzungsbedingungen: Mit dem Herunterladen erkennen Sie die Nutzungsbedingungen (<https://publications.dainst.org/terms-of-use>) von iDAI.publications an. Die Nutzung der Inhalte ist ausschließlich privaten Nutzerinnen / Nutzern für den eigenen wissenschaftlichen und sonstigen privaten Gebrauch gestattet. Sämtliche Texte, Bilder und sonstige Inhalte in diesem Dokument unterliegen dem Schutz des Urheberrechts gemäß dem Urheberrechtsgesetz der Bundesrepublik Deutschland. Die Inhalte können von Ihnen nur dann genutzt und vervielfältigt werden, wenn Ihnen dies im Einzelfall durch den Rechteinhaber oder die Schrankenregelungen des Urheberrechts gestattet ist. Jede Art der Nutzung zu gewerblichen Zwecken ist untersagt. Zu den Möglichkeiten einer Lizenzierung von Nutzungsrechten wenden Sie sich bitte direkt an die verantwortlichen Herausgeberinnen/Herausgeber der entsprechenden Publikationsorgane oder an die Online-Redaktion des Deutschen Archäologischen Instituts (info@dainst.de).

Terms of use: By downloading you accept the terms of use (<https://publications.dainst.org/terms-of-use>) of iDAI.publications. All materials including texts, articles, images and other content contained in this document are subject to the German copyright. The contents are for personal use only and may only be reproduced or made accessible to third parties if you have gained permission from the copyright owner. Any form of commercial use is expressly prohibited. When seeking the granting of licenses of use or permission to reproduce any kind of material please contact the responsible editors of the publications or contact the Deutsches Archäologisches Institut (info@dainst.de).

Modellierung und Interpretation der Kommunikationsräume des 3. und frühen 2. Jahrtausends v. Chr. in Europa mittels Diversitätsgradienten

Einleitung

Die Rekonstruktion soziokulturellen Wandels im vorgeschichtlichen Europa erfordert ein adäquates Verständnis der Topologie und Intensität großräumiger Interaktionsräume und Kommunikationsstrukturen. Fragen nach dem Verhältnis von Zentrum zu Peripherie sowie zur Signifikanz und Diffusion technischer und sozialer Innovationen stehen im Fokus ambitionierter Arbeiten zu den Grundzügen zivilisatorischer Prozesse im vorgeschichtlichen Europa. In diesem Zusammenhang werden die für die Verbreitung von Innovationen maßgeblichen Kommunikationsräume rege diskutiert¹. Ihre Analyse auf der europäischen Maßstabsebene basiert zumeist auf der Betrachtung der Diffusion archäologischer Phänomene, wofür in der Regel Typenkarten herangezogen werden. Eine systematische, auf der Auswertung quantitativer Daten basierende Rekonstruktion oder Modellierung fehlt bislang. Dieser Aufgabe stellt sich die vorliegende Arbeit im Rahmen der Modellierung von Kommunikationsräumen des 3. und 2. vorchristlichen Jahrtausends. Das Rückgrat der Analyse bildet eine mathematische Repräsentation der Diversität kultureller Phänomene.

Die Idee, aus dem Grad der Diversität archäologischer Daten Rückschlüsse auf soziokulturelle Veränderungen in Raum und Zeit abzuleiten, ist nicht neu². Die räumliche Modellierung von Diversität auf einer Maßstabsebene, die weite Teile Europas einschließt, stellt jedoch eine konsequente Weiterentwicklung dieser Ansätze dar, welche gänzlich neue Interpretationsebenen erschließt. Ihre Umsetzung verdankt sich der allgemeinen, freien Verfügbarkeit globaler Daten und leistungsfähiger GIS-Algorithmen.

Historischer Rahmen

Bereits im Neolithikum tauchen in Europa die ersten Kupferobjekte auf. Dass die Ursprünge dieser Technologie im Nahen Osten zu suchen sind und sie über die Vermittlung Südosteuropas den Weg auch nach Mittel- und Westeuropa fand, steht schon seit Langem nicht mehr in Frage. An der Schwelle vom 3. zum 2. Jahrtausend v. Chr. vollzieht sich in Europa jedoch mit der weiträumigen Adaption der Zinnbronze ein weiterer technologischer Quantensprung. Zur Beurteilung dieses epochalen Phänomens werden in der Forschung vor allem drei Fragen diskutiert:

¹ Kristiansen – Rowlands 1998; Harding 2000; Kristiansen – Larsson 2005.

² Schickler 1968, 13; Leonhard – Jones 1989; Müller-Scheeßel – Burmeis-

ter 2006, 26–38; Hofmann u. a. 2007, 201 Abb. 107.

1. Welche Rolle spielt die ägäische Bronzezeit bei der Vermittlung der neuen Technik?
2. Über welche Räume breitet sie sich aus?
3. Wo beginnt in Mittel- und Westeuropa die Nutzung einheimischer Ressourcen?

Bei der Suche nach Antworten gilt es zunächst, zwischen der Diffusion von zinnlegierten Kupfergegenständen und der Implementierung der Legiertechnik im Metallhandwerk zu unterscheiden. Traditionell wird dem Südosten Europas großes Gewicht bei der Vermittlung technischer Innovationen beigemessen. Beispielhaft lässt sich ein von A. Gallay und M.-N. Lahouze entworfenes Modell anführen, das eine vom Vorderen Orient schrittweise in nordwestlicher Richtung verlaufende Diffusion der Zinnbronze zeigt³. Das traditionelle Bild, in welchem die kontinentaleuropäischen Veränderungen unmittelbare Folge von Innovationen aus dem Vorderen Orient sind, ist jedoch im Wandel begriffen. B. Hänsel diskutierte vor einigen Jahren die Ausstrahlung der mykenischen Zivilisation nach Norden und relativierte gegenüber älteren Auffassungen in der deutschen Forschung die Bedeutung Südosteuropas als Übermittler für die Kontakte aus der Ägäis in den zentraleuropäischen Raum⁴. Gegenüber den Landwegen betonte er die größere Bedeutung der Seeverbindungen⁵. Die zentralen Argumente für die geänderte Sicht speisen sich aus Hänsels Forschungen auf Siedlungen in Südosteuropa. Die einseitige Fokussierung auf Waffen und Metallfunde war nach Hänsel ursächlich für die Überbetonung des Anteils der ägäischen Welt an Entwicklungen im vorgeschichtlichen Europa. Es sind jedoch offenkundig weniger die Metallfunde und mehr deren einseitige Betrachtung, die zur Überbetonung der Ägäis geführt haben, denn gerade die umfassendere Auswertung der Metallfunde, insbesondere deren chemischer Zusammensetzung, ermöglicht seit den späten 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts belastbarere Aussagen⁶. Der inzwischen auf nahezu 40 000 Analysen angewachsene Datenbestand öffnet den Weg für eine Modellierung auf der gesamteuropäischen Maßstabebene. Derartige Arbeiten existieren, beispielsweise von E. Pernicka oder J. Müller zur Verbreitung der Zinnbronze im späten 3. und frühen 2. Jahrtausend v. Chr.⁷, sind aber die Ausnahme. Es bot sich daher an, mit derzeit verfügbaren GIS-Technologien die Grenzen der vorliegenden Modelle zu überwinden. Unter Berücksichtigung der Entwicklungen auf diesem Gebiet im zurückliegenden Jahrzehnt und im Wissen um das große Potential der von R. Krause vorgelegten Datenbank chemischer Analysen erfolgt die Modellierung von Makrostrukturen der europäischen Kommunikationslandschaft im 3. und der 1. Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr.⁸.

Prämissen, Methoden und Datengrundlagen

Betrachtet man die bei der vorliegenden Analyse gut erkennbaren Zusammenhänge zwischen menschlicher kultureller Ausprägung und natürlicher Umwelt, so läuft man schnell Gefahr, sich in der expliziten Modellierung vermeintlich nahe liegender Kausalzusammenhänge zwischen Faktoren wie Bodengüte oder Rohstoffvorkommen und bestimmten sozialen, politischen oder ökonomischen Ausprägungen zu verlieren. In dieser Untersuchung soll ein Ansatz verfolgt werden, der sich im Wesentlichen auf den sehr viel einfacheren, aber fundamentalen und objektiven Kennwert »Diversität« stützt.

³ Gallay – Lahouze 1976, 156f. Abb. 4.

⁴ Hänsel 2003, 96.

⁵ Hänsel 2003, 97.

⁶ Sangmeister 1968; Sangmeister 1975.

⁷ Pernicka 1998, 139f. Abb. 1 a. b;

Müller 2002, 277 Abb. 9.

⁸ Krause 2003 (CD-ROM-Beilage).

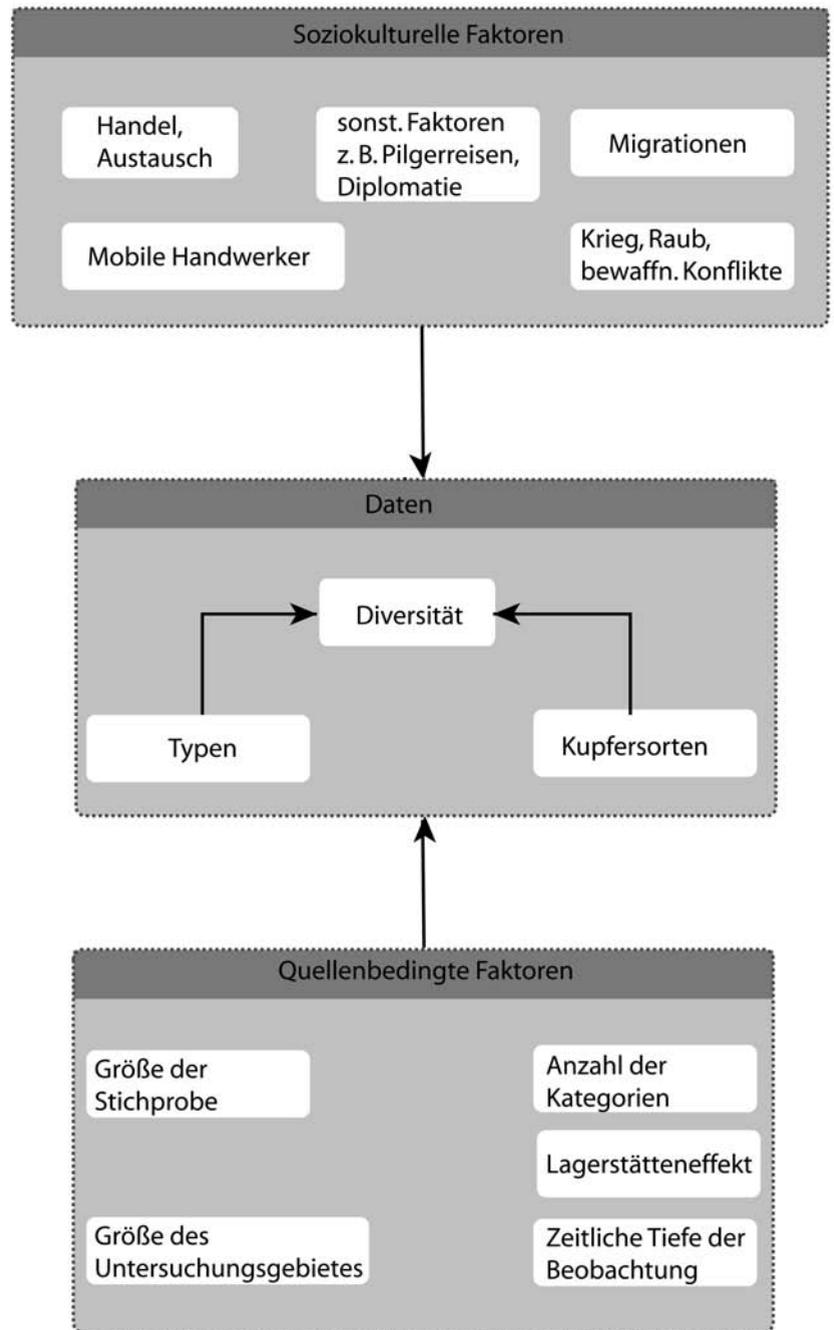
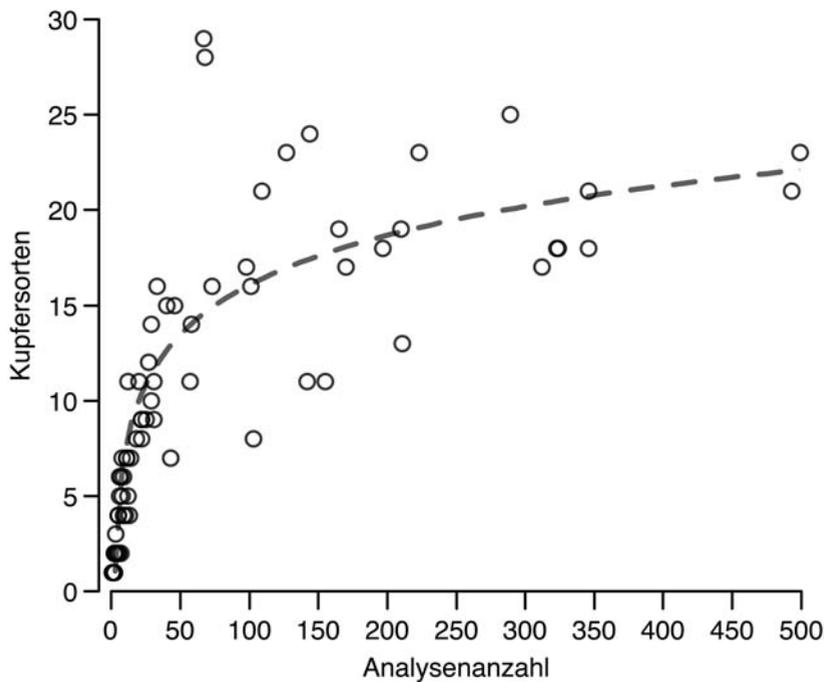


Abb. 1 Darstellung der Diversität in ihrer Abhängigkeit von quellenbedingten und soziokulturellen Faktoren

Diversität als Maß kultureller Interaktion

Als Prämisse soll gelten, dass intensive, überregionale Interaktion zu einer zunehmenden Vermischung von Elementen unterschiedlicher Herkunftsräume und letztendlich zu einer stärker diversifizierten Sachkultur führt. Die Ursachen von Interaktionen können von vielfältigen Faktoren bestimmt werden. In der archäologischen Interpretation werden Handel oder Austausch und Migrationen bevorzugt. Darüber hinaus lässt sich eine Reihe weiterer Faktoren anführen wie kriegerische Aktivitäten, Heiratsbeziehungen oder aber religiös bedingte Mobilität wie Pilgerreisen (Abb. 1). Geht man davon



mit hohen Analysenzahlen nicht grundsätzlich die Regionen mit den meisten Kupfersorten sind. Die Beobachtungen, dass sich ab einer Stichprobengröße von 40 Beobachtungen belastbare Aussagen treffen lassen, zeigt sich auch in einem von P. T. Bobrowsky und B. F. Ball ausgewählten Beispiel⁹. Bei der Beurteilung der Diversität von Kupfersorten in den unterschiedlichen Regionen ist weiterhin zu berücksichtigen, dass beim Abbau einer Lagerstätte die wechselnde Zusammensetzung der Ausgangserze von der Oxydationszone bis in die tiefer liegenden Bereiche beim produzierten Kupfer zu unterschiedlichen Gehalten an Nebenelementen führt¹⁰. Dieser Effekt kann zum Auftreten unterschiedlicher Kupfersorten in derselben Lagerstättenregion führen. Neben der erhöhten Diversität der Kupfersorten, die sich auf eine Intensivierung der Kommunikationsbeziehungen zurückführen lassen, ist insbesondere bei der Betrachtung der Diversität der Kupfersorten über einen längeren Zeitraum deshalb der »Lagerstätteneffekt« im Umfeld von Kupferlagerstätten zu beachten.

Diversitätsmetriken

Für die systematische räumliche Analyse muss die Diversität als quantitative, messbare Größe ausgedrückt werden. Zu Diversitätsmetriken, welche in der Regel aus der Landschaftsökologie entliehen sind, und deren archäologischer Anwendung liegt Literatur insbesondere aus dem nordamerikanischen Raum vor. In dieser werden die statistischen wie auch methodischen Grundlagen ausführlich diskutiert¹¹. Diversität lässt sich auf vielfältige Weise quantifizieren. Viele gängige Methoden zielen auf die Bewertung der Anzahl von Typen (Klassen) und der Häufigkeit der Artefakte in den Klassen auf verschiedenen Siedlungsplätzen oder in unterschiedlichen Regionen ab. Bei der Beurteilung von Diversität kann zwischen Unteraspekten wie Reichtum (z. B. Anzahl der Typen; engl. *richness*), Gleichförmigkeit (z. B. Anzahl der Typen in Bezug auf die Anzahl der beobachteten Objekte; engl. *evenness*) und Heterogenität (Anzahl der beobachteten Typen in Bezug auf die Anzahl der beobachteten Objekte in Region A im Vergleich zu anderen Regionen; engl. *heterogeneity*) unterschieden werden. Hierfür existiert eine Reihe spezifischer mathematischer Indizes.

Für die vorliegende Studie fiel die Entscheidung zugunsten der Heterogenität, da diese die Relation zwischen der Anzahl der Klassifikationseinheiten, den beobachteten Individuen, in Bezug zu den im Vergleich befindlichen Stichproben der verschiedenen Regionen am verlässlichsten widerspiegelt. Die Heterogenität archäologischer Daten kann auf vielerlei Ursachen zurückzuführen sein. Als Grundannahme scheint wahrscheinlich, dass die entscheidende in der Interaktion von Menschen zu suchen ist. Auf die Vielfalt der in Frage kommenden soziokulturellen Faktoren wurde bereits verwiesen (Abb. 1).

Eine sehr einfach zu berechnende Diversitätsmetrik, welche Heterogenität ausdrückt, ist der Simpson-Index. Er wurde in der Landschaftsökologie entwickelt und hat den Vorzug, sowohl mit Zähl- als auch Prozentwerten umgehen zu können¹²:

$$D = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)}$$

n_i steht für die Zahl der Individuen in Gruppe i und n für die Gesamtzahl der Individuen in der Population. Handelt es sich um Prozentwerte (p), die sich zu »1« (= 100%) summieren lassen, so vereinfacht sich die Formel:

⁹ Vgl. Bobrowsky – Ball 1989, 10 Abb. 2, 1.

¹⁰ Zur Übersicht Strahm 1994, 25.

¹¹ Zusammenfassend vgl. Leonhard – Jones 1989.

¹² Simpson 1949, 688. Zu Diskussion des Simpson-Index und weiterer Diversitätsindizes in der archäologischen Forschung vgl. Bobrowsky – Ball 1989, 7.

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Das Ergebnis ist ein Wert im Bereich »0« bis »1«, welcher die mathematische Wahrscheinlichkeit angibt, mit der zwei aus allen Individuen einer Population zufällig ausgewählte der gleichen Gruppe angehören. Größere Diversität drückt sich somit in einem kleineren Ergebniswert aus. Da dies wenig intuitiv wirkt, subtrahiert man das Ergebnis normalerweise von »1«:

$$\text{Diversität} = 1 - D$$

Eine Stärke des Simpson-Index ist, dass er sowohl die Gruppenzahl als auch deren Proportionen berücksichtigt. Auf diese Weise werden die eingangs erwähnten Parameter in der Berechnung berücksichtigt. Bezogen auf die hier ausgewertete Datengrundlage wird deutlich, dass der Einfluss der Stichprobengröße auf die Anzahl der beobachteten Kategorien begrenzt ist. Ab einer Analysenanzahl von 30–40 Analysen hat die Zunahme der Analysen keinen Einfluss auf die Anzahl der Kupfersorten. In Regionen mit den meisten chemischen Analysen treten dementsprechend nicht zwangsläufig auch die zahlreichsten Kupfersorten auf (Abb. 2).

Kostenbasierte Interpolation

Die durch den Simpson-Index ermittelten Diversitätswerte sind zunächst jeweils an einzelne Punkte gebunden. Das dadurch produzierte Bild ist wenig aussagekräftig und lässt sich schwer interpretieren. Da es sich bei den Daten um lokal sichtbar gemachte Manifestationen von originär kontinuierlich im Raum verbreiteten Phänomenen handelt, besteht die Grundidee einer besseren Darstellung darin, die Daten durch räumliche Interpolation zurück in die Fläche zu bringen. Hierzu bietet sich eine Reihe von Verfahren an, von denen die meisten in üblichen GIS-Programmen zur Verfügung stehen; so z. B. Kriging, Splinekurven-Interpolation oder Inverse Distanzgewichtung (IDW)¹³. Die Wahl fiel auf das IDW-Verfahren, da es den Vorzug besitzt, mathematisch wesentlich weniger komplex zu sein als z. B. Kriging, was das Verständnis der Rechenergebnisse erleichtert. Der IDW-Algorithmus berechnet einen fehlenden Wert u am Punkt x aus dem räumlich gewichteten Mittelwert umliegender Datenpunkte:

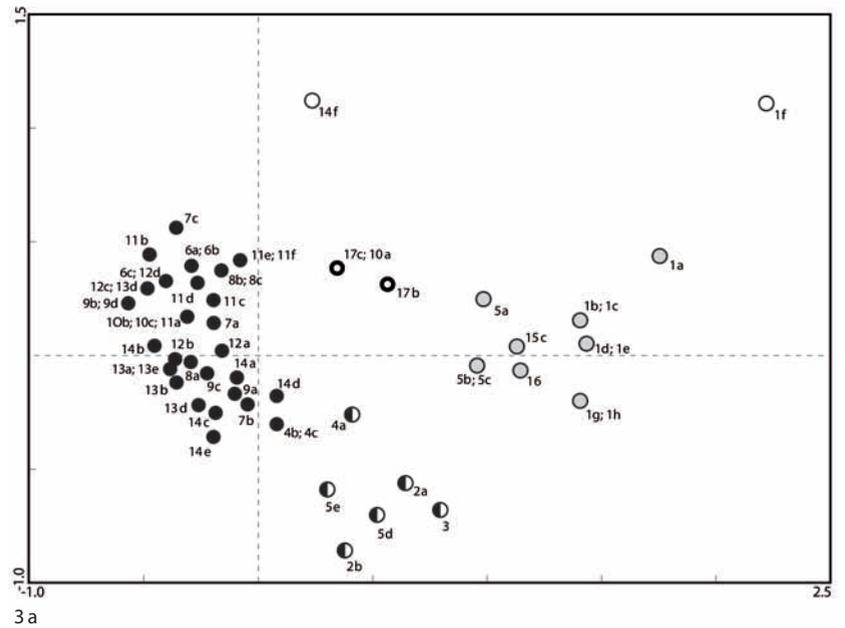
$$u(\mathbf{x}) = \sum_{k=0}^N \frac{w_k(\mathbf{x})}{\sum_{k=0}^N w_k(\mathbf{x})} u_k$$

Dabei werden die Gewichte der Datenpunkte invers zu deren räumlicher Entfernung von x wie folgt ermittelt:

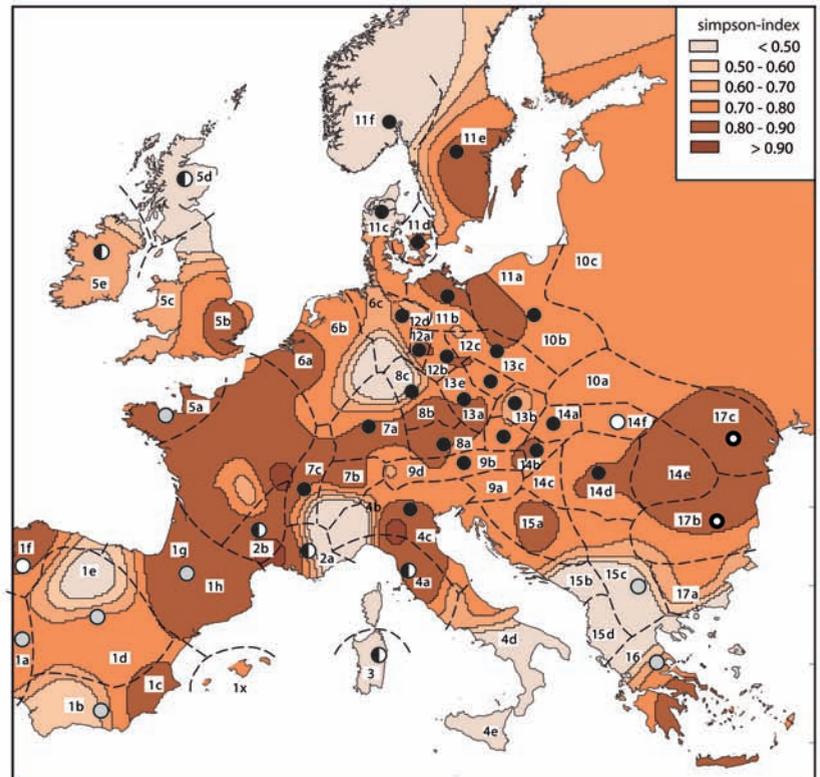
$$w_k(\mathbf{x}) = \frac{1}{d(\mathbf{x}, \mathbf{x}_k)^p}$$

Der Exponent p bestimmt dabei, wie schnell der Einfluss von weiter entfernten Datenpunkten auf den zu interpolierenden Wert schwindet. Wird er auf einen höheren Wert gesetzt, so setzen sich die gegebenen Datenpunkte in der Fläche stärker durch. Der Standardwert ist »2«. Der Vorteil der Einfachheit ist normalerweise gleichzeitig die größte Schwäche des Verfahrens, wenn es darum geht, wie im vorliegenden Fall zwischen einer kleinen Zahl von weit

13 Lloyd 2007, 98.



3 a



3 b

Abb. 3 a) Korrespondenzanalyse der Kupfersortenanteile des frühen 2. Jahrtausends v. Chr. in den SAM-Regionen – b) SAM-Regionen und Darstellung der aus der Korrespondenzanalyse abgeleiteten Gruppen. Grundkarte vgl. Abb. 8

auseinander liegenden und unregelmäßig gestreuten Datenpunkten zu interpolieren. Der Abstand der Datenpunkte ergibt sich aus den ausgewerteten Einzelregionen, die Junghans u. a.¹⁴ als Grundlage für das Vorhaben »Studien zu den Anfängen der Metallurgie« (SAM) dienten (Abb. 3). Bei der Ermittlung der Datenpunkte wurden die Mittelwerte aller Koordinaten innerhalb einer Region ermittelt. Die Größe der SAM-Regionen schwankt, damit variieren auch die Abstände der Datenpunkte deutlich. Um dieses Problem zu lösen, wurde eine abgewandelte Version des einfachen IDW-Algorithmus verwen-

14 Junghans u. a. (1968).

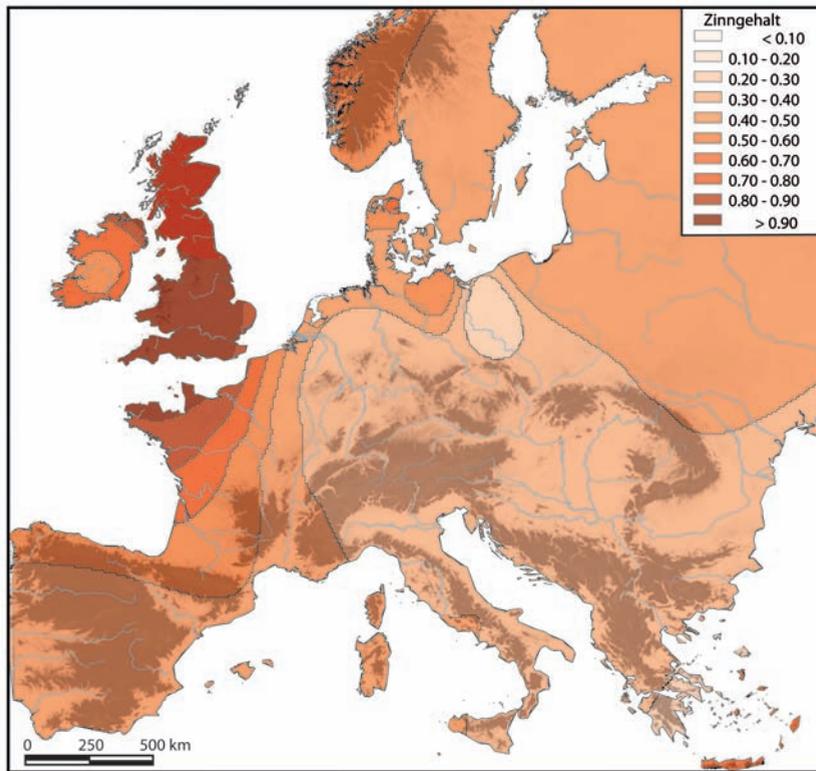


Abb.4 Normalisierter Zinngehalt in den SAM-Regionen im frühen 2. Jahrtausend v. Chr. IDW-Modell ohne die Berücksichtigung der Kosten für die Mobilität aufgrund der topographischen Gegebenheiten

det, bei der die Distanz zwischen den Datenpunkten nicht einfach euklidisch (d. h. in direkter Luftlinie) ermittelt wird. Stattdessen wird sie als Summe der aufzuwendenden Bewegungskosten über das natürliche Terrain ausgedrückt. Grundlage dafür ist eine entsprechende Kostenkarte, in welcher der Aufwand quantifiziert ist, der für die Bewältigung einer Strecke zu veranschlagen ist.

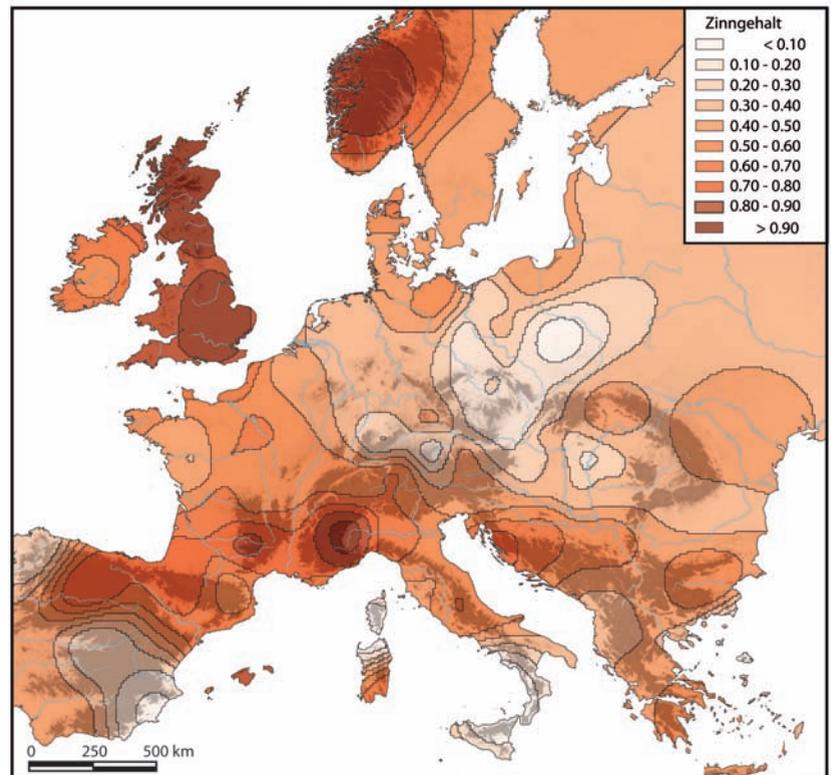
Dieses Vorgehen berücksichtigt die physische Komponente kultureller Aktivitäten, wie etwa der Vermittlung von Artefakten, und führt zu realitätsnäheren Interpolationsergebnissen. Die Unterschiede zu »naiveren« Ansätzen sind signifikant: Vergleiche mit einfachen IDW-Interpolationen zeigten beispielsweise bei der Modellierung der Ausbreitung der Zinnbronze im 2. Jahrtausend v. Chr. Differenzen von fast 30% in den interpolierten Werten (Abb. 4. 5). Der verwendete Algorithmus ist im frei verfügbaren GRASS-GIS-Modul *v.surf.icw* implementiert¹⁵.

Bei der Produktion einer realistischen Kostenkarte spielen zahlreiche Faktoren eine Rolle, die lokal differenziert zu betrachten sind: Vegetation, Wetter, Sichtweite, Strömungsrichtungen, hydrologische Vernetzung etc. Unter Berücksichtigung der Ausdehnung des Untersuchungsgebietes wurde allein der Faktor Topographie ausgewählt und unter folgenden Prämissen modelliert:

1. Ebenes Gelände erleichtert die Fortbewegung.
2. Schifffahrt entlang der Küsten erlaubt Bewegung zu minimalen Kosten, d. h. ebenso effizient wie auf völlig ebenem Gelände, allerdings nur dann, wenn der Abstand zur Küste nicht so groß wird, dass der Sichtkontakt verloren geht.
3. Die Hauptadern der größten Flusssysteme spielen im Landesinnern dieselbe Rolle wie die Küstenschifffahrt. Dies gilt aber nur, solange der Fluss befahren wird. Seine Überquerung stellt hingegen ein Hindernis dar.

¹⁵ http://grass.osgeo.org/wiki/GRASS_AddOns#v.surf.icw.

Abb. 5 Normalisierter Zinngehalt in den SAM-Regionen im frühen 2. Jahrtausend v. Chr. IDW-Modell unter Berücksichtigung der Kosten für die Mobilität aufgrund der topographischen Gegebenheiten



Die verwendete Kostenkarte repräsentiert somit prägende topographische Grundstrukturen, die mit großer Wahrscheinlichkeit die Ausbildung von Kommunikationsräumen beeinflussten. Dabei muss aber ausgeschlossen werden, dass Zirkelschlüsse durch in der Kostenkarte prädeternierte räumliche Muster entstehen. Die maßgebliche Bedeutung der archäologischen Ausgangsdaten auf die ermittelten Modelle lässt sich daraus erschließen, dass trotz einheitlicher Kostenkarte in den verschiedenen Zeiten für die jeweiligen Ausgangsdaten unterschiedliche räumliche Muster entstehen. Deutlich sichtbar wird die prägende Wirkung der archäologischen Daten beim Vergleich der unterschiedlichen Modelle in Bereich der Alpen und des Balkangebirges (Abb. 6–9). Die Gebirgsregionen sind in der Kostenkarte als im Trend kommunikationsfeindliche Räume ausgewiesen, was sich in den Modellen aber nicht durchgängig niederschlägt. Die Modelle zeigen, dass die Einbeziehung der naturräumlichen Faktoren ins Rechenmodell die Ergebnisse nicht dominiert, sondern ihnen eine höhere Plausibilität verleiht.

Datengrundlagen

Die verwendeten metallurgischen Daten stammen aus der von R. Krause¹⁶ vorgelegten SMAP-Datenbank (Stuttgarter Metallanalysenprojekt). In ihr werden die äneolithischen und bronzezeitlichen Objekte mit ihren chemischen Analysen, Informationen zur Datierung und typologischer Klassifikation sowie geographischen Informationen aufgeführt. Die Auswertung bezieht die zeitlichen Stufen des 3. Jahrtausends (Kodierung 20–25) und der 1. Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr. (Kodierung 3 und 4) ein. Eine genaue

16 Krause (2003).

Prüfung der chronologischen Einordnung war in Anbetracht des großen Materialbestandes (3. Jahrtausend v. Chr.: 2 193 Objekte; 1. Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr.: 14 236 Objekte) nur in Stichproben möglich. Bei der raumbezogenen Auswertung wird der Raumschlüssel der SAM-Räume zugrunde gelegt (Abb. 3). Die ausgewählten Parameter (chemische Diversität, typologische Diversität und Zinngehalt) werden für die entsprechenden Regionen ermittelt und interpoliert.

Grundlage für die Quantifizierung der Bewegungskosten im Rahmen der modifizierten IDW-Interpolation waren die Daten der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), wobei die bereinigte und vervollständigte Version des CIGAR-CSI¹⁷ verwendet wurde. Das SRTM-Höhenmodell steht weltweit bis zum 60. Breitengrad in einheitlicher Qualität und mit einem Datenpunktabstand von ca. 90 m zur Verfügung. Nördlich davon muss es durch Daten aus anderen Quellen ergänzt werden.

Da die europäischen Flussysteme zweifelsfrei eine herausragende Rolle bei der Binnenkommunikation einnehmen, wurden die hochqualitativen hydrographischen Daten des EU-Projektes »Catchment Characterisation and Modelling« (CCM)¹⁸ in die Interpretation der Untersuchungsergebnisse einbezogen. Diese beinhalten eine vollständige, hierarchische Modellierung der Gewässernetze, welche auch eine lückenlose Zuordnung der europäischen Kontinentalmasse zu letzteren umfasst. Es war somit erstmals im Rahmen einer archäologischen Studie möglich, die einzelnen Gewässernetze einander nicht nur qualitativ und vage, sondern quantitativ und exakt in ihrer räumlichen Ausdehnung und daraus ableitbaren Bedeutung gegenüberzustellen und zur Beurteilung der berechneten Modelle heranzuziehen.

Aufbereitung der Daten und ausgewertete Parameter

Die Berechnung der Diversität stützt sich auf die chemische und typologische Variabilität der Metallfunde. Sie wird hinsichtlich der typologischen und chemischen Diversität unabhängig voneinander berechnet und in eigenständigen, nach zwei Zeitstufen gegliederten, raumbezogenen Modellen dargestellt. Im ersten Arbeitsschritt erfolgt eine Einteilung der Metallfunde in chemische und typologische Klassen. Die Anzahl der Klassen und die Häufigkeit der Objekte in ihnen bildet die Grundlage für die Berechnung der Diversität, die dann zwischen den Regionen verglichen und in einem raumbezogenen Modell dargestellt wird. Die chemische Variabilität stützt sich auf die Einteilung der chemischen Analysen in die SAM-Materialgruppen¹⁹. Die gewählte Klassifikationsgrundlage stellt einen Kompromiss dar²⁰. Dabei ist ein gegenüber dem Stuttgarter Stammbaum zur Materialklassifikation vorgebrachter Hauptkritikpunkt²¹, dass die Klassifikation zu kleinteilig sei, für unser Vorgehen eher von Vorteil, da mögliche Übereinstimmungen in den Kupfersorten verschiedener Regionen an Verlässlichkeit gewinnen. Das Auftreten der SAM-Materialgruppen (Kupfersorten) in den Regionen dient zur Ermittlung der chemischen Diversität. Modellhaft wäre davon auszugehen, dass in den Räumen mit hoher Kommunikationsintensität zahlreiche verschiedene Kupfersorten auftreten, in abgelegenen Regionen und im Umfeld der Erzlagerstätten, den kupferproduzierenden Primärräumen, dagegen wenige. Eine Einschränkung ergibt sich aus der eingangs beschriebenen Beobachtung, dass auch innerhalb einer Lagerstätte die chemische Zusammensetzung der Erze variieren kann. Dadurch können auch im Umfeld einer Lagerstätte verschiedene Materialgruppen auftreten. Ein-

17 <http://srtm.csi.cgiar.org/>.

18 <http://ccm.jrc.ec.europa.eu/> in der Version 2.1.

19 Junghans u. a. 1968, 2 Diagramm 1.

20 Pernicka 1984, 531.

21 Bertemes 1989, 156.

schränkungen wie diese erfordern die Berücksichtigung von Parametern, die von den chemischen Analysen unabhängig sind. Dafür eignet sich die Berechnung der Diversität im Auftreten von Metalltypen. Zu diesem Zwecke wurden die in der SMAP-Datenbank aufgenommenen Typen ausgewertet. Die Berechnungsgrundlage bilden, analog zu den Materialgruppen, die Anzahl der verschiedenen Typen und die Häufigkeit der Objekte in den Typen. Der SAM-Typenschlüssel ist einfach gehalten, bietet aber gerade dadurch den Vorteil, dass er auf die Gesamtheit der Funde in allen Regionen angepasst ist. Damit spiegelt er trotz mancher Defizite die typologische Diversität in den Regionen wider und ist für die Betrachtung auf der gesamteuropäischen Maßstabsebene ausreichend. Es liegt auf der Hand, dass detailliertere Klassifikationen der typologischen Merkmale zu weiterführenden Aussagen führen werden.

Als weiterer Parameter wird der mittlere Zinngehalt in den Regionen ermittelt. Da Zinnvorkommen im europäischen Raum nur an wenigen Stellen vorhanden sind, ist das Auftreten von Zinnbronzen ein guter Indikator für einen überregionalen Austausch.

Zum Untersuchungsmaßstab

Raumbezogene Analysen erfolgen in der Archäologie meistens auf Maßstabsebenen, die von der einzelnen Fundstelle (Intrasite-Analysen) bis zur landschaftsarchäologischen Mikro- und Mesoregion reichen. Hier lassen sich mit vertretbarem Aufwand repräsentative Daten erheben. Untersuchungen auf der Makroebene sind seltener, da homogene archäologische Daten fast ausschließlich für kleinräumigere Untersuchungen zur Verfügung stehen.

Jede räumliche Analyse muss sich mit diversen Maßstabseffekten auseinandersetzen. Unstimmigkeiten bei der Wahl des Maßstabs für die Untersuchungshypothesen, die Datenerhebung und -verarbeitung können zu Fehlschlüssen oder irrelevanten Aussagen führen. Bei der GIS-basierten Analyse sind hierbei (neben dem intendierten Maßstab der ursprünglichen Datenerhebung, -aggregation etc.) vor allem zwei operative Parameter von entscheidender Bedeutung: der Ausschnitt des betrachteten Raumes und die Größe der Zellen des Rastermodells. Die Entscheidung für die Größe der Zellen wird von der gewählten Maßstabsebene der Untersuchung, der Genauigkeit der Ausgangsdaten, der Rechenkapazität und der Zielsetzung der Untersuchung beeinflusst. Zusätzlich besitzen praktisch alle Methoden der räumlichen Statistik individuelle Maßstabsabhängigkeiten, die sich durch Parameter wie Bandbreiten oder Fenstergrößen ausdrücken. Selbst scheinbar einfache und neutrale Metriken wie Dichte oder Diversität haben im geographischen Raum keinen absoluten Bezug. Um dadurch nicht fehlgeleitet zu werden, muss ein plausibler Untersuchungsmaßstab gefunden und die gesamte Analyse auf diesen bezogen werden.

Für die vorliegende Analyse gehen wir von einem Interaktionsmaßstab menschlicher Sozialgruppen aus, deren Siedlungsgebiete die Größe von etwa 200–500 km² selten übersteigen²². Um zu vermeiden, dass Beobachtungen an den Grenzen des Untersuchungsgebiets durch einen zu klein gewählten geographischen Ausschnitt verzerrt werden²³, wurden alle Daten für einen Ausschnitt aufbereitet, der wesentlich größer als das eigentlich interessierende Untersuchungsgebiet ist und sich im Osten bis an die Grenze zu Asien erstreckt. Im Norden, Süden und Westen spielt das Problem eine kleinere Rolle, da hier eine natürliche Grenze durch die Meeresküste gegeben ist.

²² Wotzka 1997, 174.

²³ Openshaw 1984.

Diskussion der Ergebniskarten

Bei der Diskussion der mittelmeerischen Kontakte für die Frühbronzezeit Zentral- und Westeuropas wird Südosteuropa traditionell eine zentrale Bedeutung eingeräumt. Beispielhaft sei die Studie von S. Gerloff angeführt, nach der die Kontakte von Kleinasien nach Mitteleuropa im 3. Jahrtausend v. Chr. wie in den vorhergegangenen Jahrtausenden über den Donauroum erfolgten. Gerloff vermutete, dass erst am Ende der Frühbronzezeit die Einflüsse aus Ägäis und dem Vorderen Orient das nordwestliche Europa über den mittleren und westlichen Mittelmeerraum und den französischen Raum erreichten²⁴. Die von ihr vorgelegten Typenkarten für das ausgehende 3. Jahrtausend und frühe 2. Jahrtausend v. Chr. mit Ösenhalsringen, zyprischen Schleifenadeln und Lanzenspitzen mit geschlitztem Blatt lassen Beziehungen über den Donauroum, aber auch über das Mittelmeer und Südfrankreich möglich erscheinen. Die Hypothese Gerloffs lässt sich somit anhand der von ihr vorgelegten Karten nicht sicher beurteilen und soll durch die auf dem Heterogenitätsgradienten basierenden Modellberechnungen überprüft werden.

Kupfersortendiversität im 3. Jahrtausend v. Chr.

Die Berechnung der Diversität im Vorkommen der Kupfersorten im 3. Jahrtausend v. Chr. zeigt ein weiträumiges Muster von Räumen mit mittlerer Diversität, die ähnlich große, inselartige Regionen mit erhöhter Diversität umgeben (Abb. 6). Mit der Ausnahme Nordwestdeutschlands handelt es sich um Regionen in der Nähe von Kupferlagerstätten. Die Annahme liegt nahe, dass sich in den Inseln mit diversen Kupfersorten der eingangs beschriebene ›Lagerstätteneffekt‹ durch den Abbau von Erzen unterschiedlicher Zusammensetzung niederschlägt. Für diese Deutung spricht auch die bereits erwähnte ähnliche Größe, die auf engere Absatzgebiete mit einer Ausdehnung von 200–250 km hinweist. Die Räume mittlerer Diversität verbinden die vermuteten Absatzgebiete der Lagerstättenregionen. Sie folgen den großen Flüssen, vor allem der Donau, und zeigen Regionen auf, deren Versorgung möglicherweise auf mehrere Lagerstätten zurückzuführen ist. Die bereits von Gerloff postulierte Kontaktzone lässt sich von der Ägäis und dem westlichen Schwarzmeergebiet über das östliche Pannonische Becken verfolgen und setzt sich über Schlesien ins zentrale Mitteleuropa fort. Deutlich ist im westlichen Bereich des Pannonischen Beckens ein Raum mit niedriger Diversität zu fassen. Die Donau bildet damit jedoch keinen durchgängigen Raum mittlerer Diversität und vermutlich auch keinen geschlossenen Kommunikationsraum. Weiterführende Aussagen über die Interpretation der Diversität ergeben sich durch die Berücksichtigung der Ähnlichkeit zwischen den Regionen. Das Potential dieses Merkmals lässt sich anhand der Kupfersortenspektren des frühen 2. Jahrtausends v. Chr. illustrieren. Die Auswertung der Anteile der Kupfersorten in den SAM-Regionen mittels Korrespondenzanalyse zeigt, dass sich geographisch benachbarte Räume regelhaft auch im Spektrum der vorhandenen Kupfersorten ähneln (Abb. 3).

Die Daten des 3. Jahrtausends v. Chr. verdeutlichen, dass die Kupfermetallurgie und -versorgung Mitteleuropas nicht allein über den Donau-, Elbe- und Oderraum von der Ägäis erfolgte, sondern auch Beziehungen zum zentralen Mittelmeerraum bestanden haben, wie der von Mittelitalien über Norditalien, den Alpenraum bis nach Mitteleuropa verlaufende Raum mittlerer Diversität aufzeigt. Das Kartenbild ist ein Hinweis, dass im Unterschied zu

24 Gerloff 1993, 85.

dem von Gerloff postulierten Modell bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. Verbindungen vom zentralen mediterranen Raum bis nach Zentral- und Westeuropa reichten.

Auf die Entwicklungen in Nordwesteuropa und auf der iberischen Halbinsel kann hier nicht näher eingegangen werden, da die Qualität der Daten schwierig zu beurteilen ist.

Typendiversität im 3. Jahrtausend v. Chr.

Bei der Betrachtung der Räume mit einer hohen Diversität an Metalltypen sind Übereinstimmungen, aber auch Unterschiede zu den Kupfersorten ablesbar (Abb. 7). Die Übereinstimmungen ergeben sich hinsichtlich der Ausbildung eines Raumes mittlerer Diversität, der weite Teile Frankreichs umfasst und durch zwei schmale Korridore mit Süddeutschland und mit dem nordwestlichen Mitteleuropa verbunden ist. Eine weitere Übereinstimmung betrifft den von Italien nach Norden verlaufenden Raum mit erhöhter Diversität. Deutliche Unterschiede ergeben sich beim Blick auf den Donaoraum. Hier besteht lediglich im Pannonischen Becken ein durchgehender Raum mittlerer Diversität. Ansonsten zeigt sich eine erstaunlich geringe Diversität, die darauf hindeutet, dass die Donau als Kommunikationsraum geringe Bedeutung besaß. Betrachtet man die geringe Diversität von Typen auf der mittleren und nördlichen Balkanhalbinsel, wird zudem deutlich, dass dieser Raum als Kontaktzone vom Pannonischen Becken bis in die Ägäis eine geringe Bedeutung besaß. Stattdessen werden die Kontakte zwischen dem zentralen mediterranen Raum und weiten Teilen Mittel- und Westeuropas bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. eine höhere Bedeutung besessen haben, als es z. B. Gerloff angenommen hat.

Diversität der Kupfersorten in der 1. Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr.

Der Aufschwung der metallurgischen Entwicklung spiegelt sich deutlich in der Zunahme der Metallartefakte wider, die sich auch in der um Faktor 10 erhöhten Anzahl der chemischen Analysen niederschlägt. Wie bereits eingangs ausgeführt, kann die gestiegene Anzahl der Beobachtungen tendenziell zu einer Zunahme der Diversität führen. Dieser Trend ist am Kartenbild ablesbar und zeigt sich in der weiträumigeren Ausdehnung der Räume mit erhöhter Diversität (Abb. 8). Deren Ausdehnung erfolgt aber nicht von den bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. vorhandenen Zentren gleichmäßig. Der deutlichste Unterschied zum 3. Jahrtausend v. Chr. besteht in der Ausprägung eines zentral-nordwesteuropäischen Raumes mittlerer Diversität, der Südwestengland, nahezu den gesamten französischen Raum und die Schweiz sowie den oberen bis mittleren Donaoraum erfasst. Der im 3. Jahrtausend v. Chr. bestehende Kommunikationsraum von der Donaumündung bis in das Pannonische Becken ist weniger deutlich ausgeprägt. Im mittleren Verlauf der Donau zwischen Mähren und Österreich deutet sich wie im 3. Jahrtausend v. Chr. eine Grenze an. Im Nordwesten des Pannonischen Beckens findet sich ein kleiner Raum mit erhöhter Diversität, ebenso im Gebiet östlich der Oder. Letzterer deutet auf einen Zusammenhang mit dem südostschwedischen Raum über die Ostsee hin. Das neben dem zentral-westeuropäischen Raum größte zusammenhängende Gebiet erstreckt sich vom östlichen Pannonischen Becken bis in das nordwestliche Schwarzmeergebiet. Der Balkan

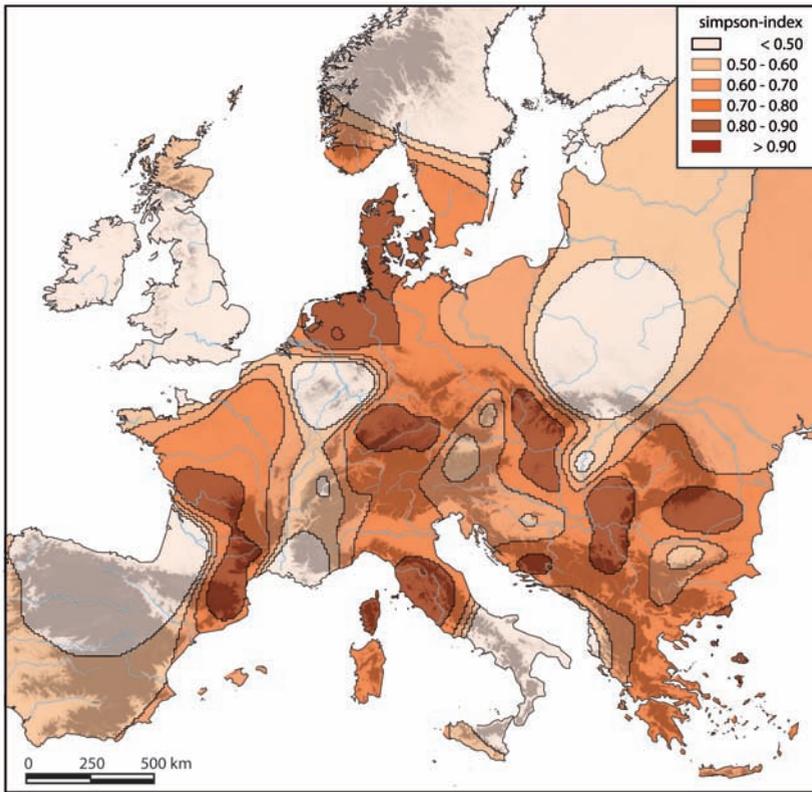


Abb. 6 Diversität der Kupfersorten im 3. Jahrtausend v. Chr. IDW-Modell unter Berücksichtigung der Kosten für die Mobilität aufgrund der topographischen Gegebenheiten

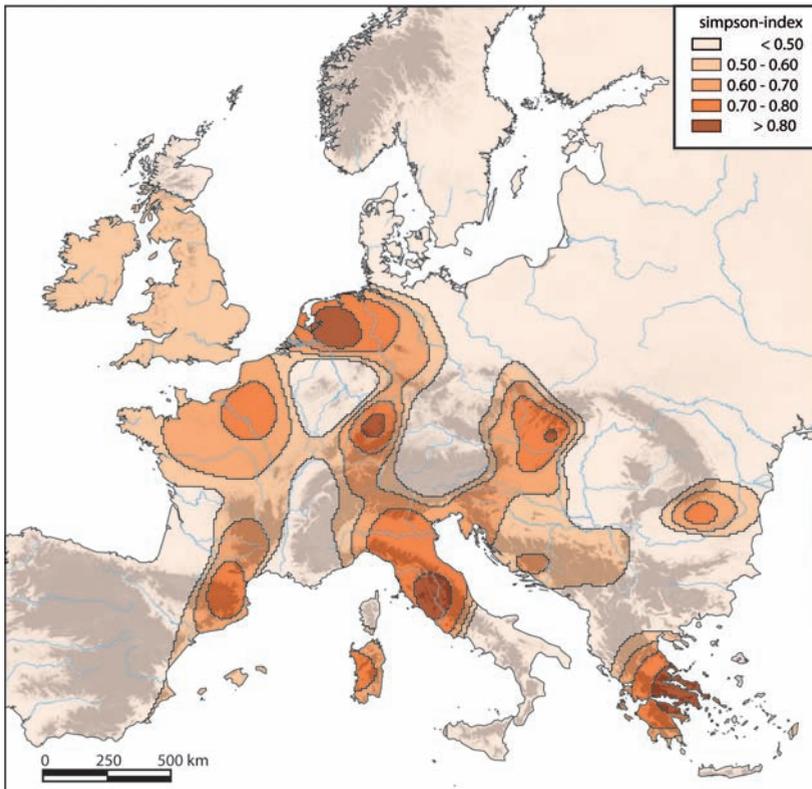


Abb. 7 Diversität der Metalltypen im 3. Jahrtausend v. Chr. IDW-Modell unter Berücksichtigung der Kosten für die Mobilität aufgrund der topographischen Gegebenheiten

Abb. 8 Diversität der Kupfersorten im frühen 2. Jahrtausend v. Chr. IDW-Modell unter Berücksichtigung der Kosten für die Mobilität aufgrund der topographischen Gegebenheiten

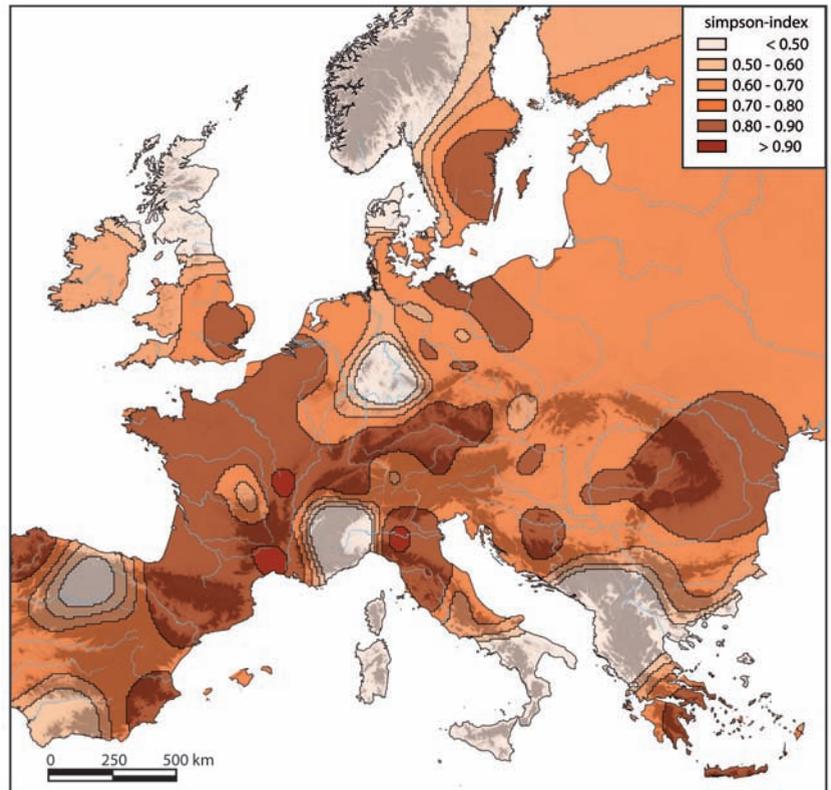
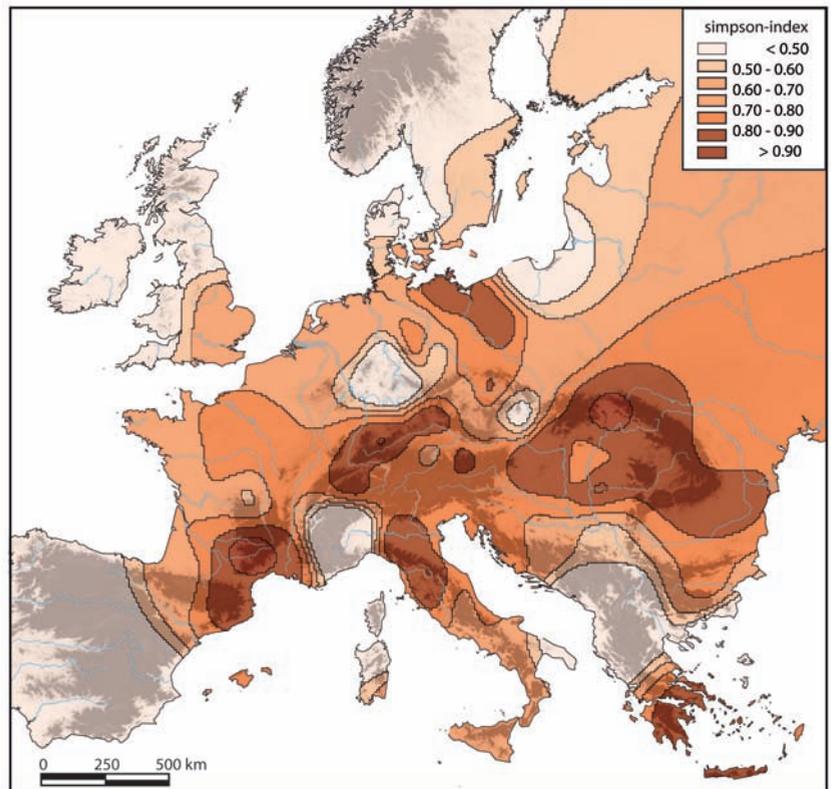


Abb. 9 Diversität der Metalltypen im frühen 2. Jahrtausend v. Chr. IDW-Modell unter Berücksichtigung der Kosten für die Mobilität aufgrund der topographischen Gegebenheiten



bildet eine durchgehende Zone mit niedriger Diversität. Vom Süden Thessaliens über die Peloponnes und Kreta spannt sich ein geschlossener Raum erhöhter Diversität.

Der wesentliche Unterschied zwischen den Kommunikationsräumen im 3. und 2. Jahrtausend v. Chr. ist die in der jüngeren Zeit geringere Kommunikationsintensität im Südosten Europas, insbesondere auf dem Balkan, und die Ausprägung eines ausgedehnten Kommunikationsraumes im zentralen und westlichen Teil Europas, der mit dem westlichen Mittelmeerraum verbunden ist. Diese Strukturen sind ein deutlicher Hinweis, dass sich die von Gerloff beschriebenen Verbindungen des zentral- und westeuropäischen Raumes mit dem mediterranen Raum bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. ausbildeten²⁵.

Metalltypendiversität in der 1. Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr.

Die anhand der Diversität der Metalltypen ermittelten räumlichen Muster weisen Übereinstimmungen mit den anhand der Kupfersorten ermittelten Strukturen auf, es sind aber auch Unterschiede sichtbar (Abb. 9). Die Übereinstimmungen betreffen die zusammenhängenden Räume von Frankreich, Italien, der Schweiz und Süddeutschland. Deutlicher tritt ein großes Gebiet hervor, das neben dem Pannonischen Becken auch die Karpaten einschließt. Die sich bei den Kupfersorten erschließende Grenze zwischen dem östlichen und westlichen Europa findet sich in diesem Kartenbild nicht so deutlich.

Übereinstimmungen gibt es auch im Norden mit der erhöhten Diversität im Oderraum und im Süden im Adriaum und dem westlichen Mittelmeer. Wiederum bildet der Balkan offensichtlich eine Barriere zwischen dem Pannonischen Becken und der Ägäis. Analog zu den über das Mittelmeer verlaufenden Kommunikationsräumen deuten sich Verbindungen über das westliche Schwarze Meer und die untere Donau an. Die wahrscheinlichste Erklärung wäre, dass Seeverbindungen auch hier bedeutender gewesen sein mögen als die Landverbindungen.

Die raumbezogene Auswertung des mittleren Zinngehalts im 2. Jahrtausend v. Chr.

Bei der Frage nach den Ursachen für die zunehmenden Beziehungen des anglo-irischen Raumes bis in das östliche Mittelmeergebiet wird in der Regel die Nutzung der reichen Zinnlagerstätten in Cornwall und der Zinnhandel bemüht²⁶. Ein sicherer Beweis ist jedoch noch nicht erbracht worden. Die regelhaft hohen Zinngehalte der Bronzen im anglo-irischen Raum sind ein gewichtiges Argument für die Nutzung der dortigen Zinnvorkommen²⁷. Die kulturellen Kontakte des anglo-irischen Raumes mit dem Südosten Europas lassen sich auch anhand qualitativer Daten rekonstruieren, wie es Schauer und Gerloff anhand ausgewählter Prunkwaffen aufzeigen konnten²⁸.

Die Karte zeigt die höchsten Zinngehalte in England, Wales und Schottland (Abb. 5). Von hier breiten sich Räume mit erhöhten Zinngehalten nach Südwesten aus. Die Bedeutung des Mittelmeerraumes für die Vermittlung von Zinn tritt deutlich hervor. Dagegen ist der Donauraum eine Zone, die durch niedrige Zinngehalte auffällt. Ein Austausch von Zinn entlang der Donau scheint nach dem Kartenbild wenig wahrscheinlich. Die zusammenhängenden Gebiete mit erhöhten Zinngehalten sind ein deutlicher Hinweis, dass sich durch Nordwest- und Westeuropa ein Austauschsystem erstreckt, in dem

25 Gerloff 1993.

26 Spindler 1971; Schickler 1981; Schauer 1984; Gerloff 1993; Pernicka 1998; Müller 2002.

27 Müller 2002, 277 Abb. 9.

28 Schauer 1984; Gerloff 1993.

Zinn aus Lagerstätten Cornwalls bis in die Ägäis vermittelt wurde. Schlaglichtartig zeigen die einen standardisierten Zinngehalt von mehr als 10% aufweisenden Stabdolche vom Norddeutschen Typ die Adaption der Zinn-technik im Nordischen Metallhandwerk²⁹. Die Präferenz der Seewege des Mittelmeerraumes für die Weitergabe von Zinn ist offensichtlich. Für die von Gerloff postulierte frühe Nutzung der Zinnlagerstätten im Fichtel- und Erzgebirge und die spätere Einbindung der nordwesteuropäischen Lagerstätten geben die hier ausgewerteten Daten keine Hinweise. Wesentlich wahrscheinlicher ist die frühere Nutzung der nordwesteuropäischen Lagerstätten und eine von hier aus erfolgte Vermittlung der Zinnbronzetechnik in den Aunjetitzer Bereich nach Mitteleuropa, die dann später auch zur Ausbeutung der hier befindlichen Zinnlagerstätten führte. Als Argumente für die von West nach Ost verlaufende Ausbreitung der Bronzetechnik lassen sich westeuropäische Kontaktfunde im Aunjetitzer Kulturgebiet anführen wie die Stabdolche und anglo-irische Randleistenbeile, die als erste Beile in Mitteleuropa überhaupt einheitlich hohe Zinngehalte um 10% aufweisen³⁰.

Interpretation und Schlussfolgerungen

Bei der Beurteilung der Diversität von Typen- und Kupfersorten lassen sich die von C. Renfrew entwickelten Modelle des »down-the-line-trade« und der »prestige chain« hinzuziehen³¹. Bei der Diversität der Metalltypen, die in der Tendenz größere Räume markiert als die Kupfersortendiversität, zeigt sich eine Übereinstimmung mit dem von Renfrew aufgezeigten Muster der »prestige chain«; bei den kleinräumigen Mustern bei den Kupfersorten ergibt sich eine tendenzielle Übereinstimmung mit dem Modell des »down-the-line-exchange«. Gerade unter Berücksichtigung zahlreicher Kupferlagerstätten in den europäischen Gebirgslandschaften ist ein regionales Austauschsystem ausgehend von einer dezentralen Lagerstättennutzung nahe liegend. Das Vorkommen der jeweiligen Kupfersorten dürfte dann in zunehmender Entfernung zur Lagerstätte abnehmen. Seltener Ressourcen wie Zinn oder Bernstein erfordern weiträumige Austauschsysteme, deren nachhaltiges Funktionieren auf durch Gabentausch stabilisierte soziale Netzwerke angewiesen sein dürfte. Dieses Phänomen gibt sich in der weiten Verbreitung von Metalltypen wie Stabdolchen, Vollgriffdolchen, Schwertern und Bronzeäxten zu erkennen, die wir als Prestigegüter deuten können. In der Diversität von Typen können sich auch überregional wirkende Gruppen von Handwerkerkern spiegeln.

Auf die eingangs gestellten Fragen lassen sich anhand der aufgezeigten Kommunikationsräume folgende Antworten finden:

1. Welche Rolle spielt die ägäische Bronzezeit bei der Vermittlung der neuen Technik? Die Ägäis zeigt sich in allen Karten als Raum mit hoher Diversität. Damit liegen Hinweise vor, dass Innovationen aus Ägypten, der Levante und Mesopotamien über das Mittelmeer die Ägäis erreichten. Inwieweit Innovationen ihren Ursprung in der Ägäis selbst hatten, lässt sich anhand der Diversität nicht beurteilen. Die Bedeutung der Ägäis als Mittler zwischen Ägypten, der Levante und Mesopotamien in den zentraleuropäischen Raum und Westeuropa erschließt sich aus der erhöhten Diversität im Bereich der Küstenregionen im östlichen Mittelmeerraum, die sich in westlicher Richtung, aber auch in den westlichen Schwarzmeerraum fortsetzt. Offen bleibt, inwieweit direkte Kontakte ohne die Knotenpunkte in der Ägäis bestanden und aus welchen Regionen die in diesem Netzwerk agierenden Personen stammten.

29 Rassmann im Druck.

30 Rassmann 2005, 470 f.

31 Renfrew 1975, 47. 51.

2. Über welche Räume breitet sich die neue Technik aus? Auf allen Karten ist der Balkan kein Raum, der sich durch eine hohe Diversität auszeichnet. Einzig die hohe Diversität der Kupfersorten im 3. Jahrtausend v. Chr. in Südosteuropa ließe sich als Ausnahme anführen, aber hier ist die Diversität zunächst an den Donauroum gebunden, deren Ausgangspunkt im westlichen Schwarzmeerraum zu suchen ist. Bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. tritt die große Bedeutung des Mittelmeerraumes hervor, die anhand der Karten des 2. Jahrtausends v. Chr. klarer zu fassen ist. Die bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. sichtbaren Muster ähneln in auffälliger Weise dem der späteren griechischen Kolonisation, die den Küstenregionen von Mittel- und Schwarzem Meer folgt. Hierin könnte auch eine Erklärung für die in historischer Zeit wahrzunehmende, auffällig stabile und geordnete Koexistenz griechischer und phönizischer Sphären liegen: Die Kommunikations- und damit auch Interessensgebiete waren wohl schon lange vor den ersten, wohl eher propagandistisch zu verstehenden Gründungsurkunden und -mythen »abgesteckt« worden.

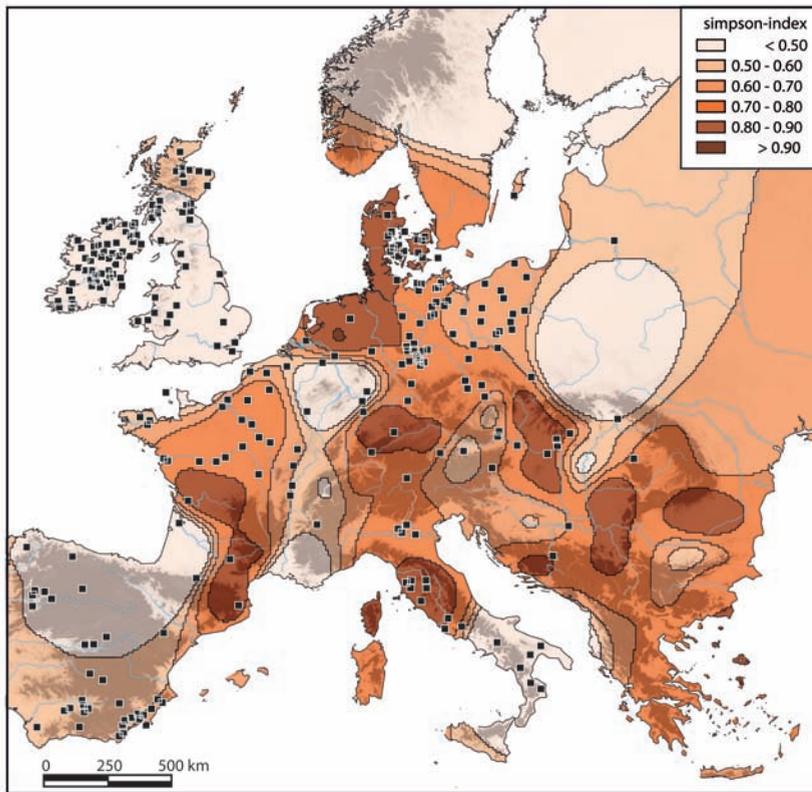
3. Wo beginnen in Mittel- und Westeuropa die Produktion von Zinnbronzen und die Nutzung einheimischer Ressourcen? Die Berechnung des mittleren Zinngehalts im 2. Jahrtausend v. Chr. zeigt hohe mittlere Gehalte an Zinn vor allem im anglo-irischen Raum. Dieser Trend ist allein durch die frühe Nutzung der Vorkommen in Cornwall zu erklären. Das Auftreten von Objekten, die kulturelle Einflüsse aus dem minoisch-mykenischen bzw. orientalischen Bereich belegen, wie sie von Schauer zusammengestellt wurden, sind ein weiterer Hinweis auf Austauschsysteme, die sich von Nordwesteuropa bis in den Raum des östlichen Mittelmeerraumes erstreckten. Das Problem der durch Schauer herausgearbeiteten Verbreitungskarten waren die weitgehend fundleeren Räume, die zwischen den nordwesteuropäischen Objekten und ihren ostmediterranen Vorbildern lagen. Damit erlauben die Karten keine Aussage, über welche Regionen die Verbindungen verliefen. Auf dieser Maßstabsebene sind die herausgearbeiteten Diversitätsmuster des 3. und 2. Jahrtausends v. Chr. weiterführend³².

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Rolle Südosteuropas als Mittler zwischen der ägäischen Welt und Mittel- und Westeuropa in der Frühbronzezeit (mitteleuropäischer Terminologie) wahrscheinlich überschätzt wurde und einer Relativierung bedarf. Ungleich wichtiger waren die Verbindungen, die über das Mittelmeer verliefen. Die Konstellation wird sich wahrscheinlich erst am Ausgang der Frühbronzezeit mit dem Aufschwung der karpatischen Bronzezeit geändert haben. Als Indikatoren für die Zunahme der Beziehungen von der Ägäis in den inneren, südosteuropäischen Raum lassen sich die sogenannten mykenischen Rapiere anführen, deren Verbreitung von der Ägäis bis in die südöstlichen Karpaten reicht³³.

Die herausgearbeiteten Hypothesen beruhen auf Daten, die bei detaillierter Betrachtung differenziertere Aussagen zulassen. Das eröffnet Raum für weiterführende Untersuchungen, insbesondere zum Ineinandergreifen regionaler und überregionaler Muster. Gerade in den Analysen von raumbezogenen Mustern auf verschiedenen Maßstabsebenen liegt ein großes Potential, das vorerst selten erschlossen wird. Dabei geht es nicht darum, das Potential von konventionellen Typenkarten in Frage zu stellen. Als Beispiel mögen die Verbreitungskarten der Stabdolche (Abb. 10 a) und Vollgriffdolche (Abb. 11 a) dienen, deren Verbreitungsbilder vor dem Hintergrund der modellierten Kommunikationsräume besser zu verstehen sind. Stabdolche (Abb. 10 b) und Vollgriffdolche (Abb. 11 b) stehen für einen Wechsel von Innovationsräumen am Übergang vom 3. zum 2. Jahrtausend v. Chr. und illustrieren zugleich die

32 Schauer 1984, 176 f. Abb. 38. 39.

33 Bader 1986, 8 f.

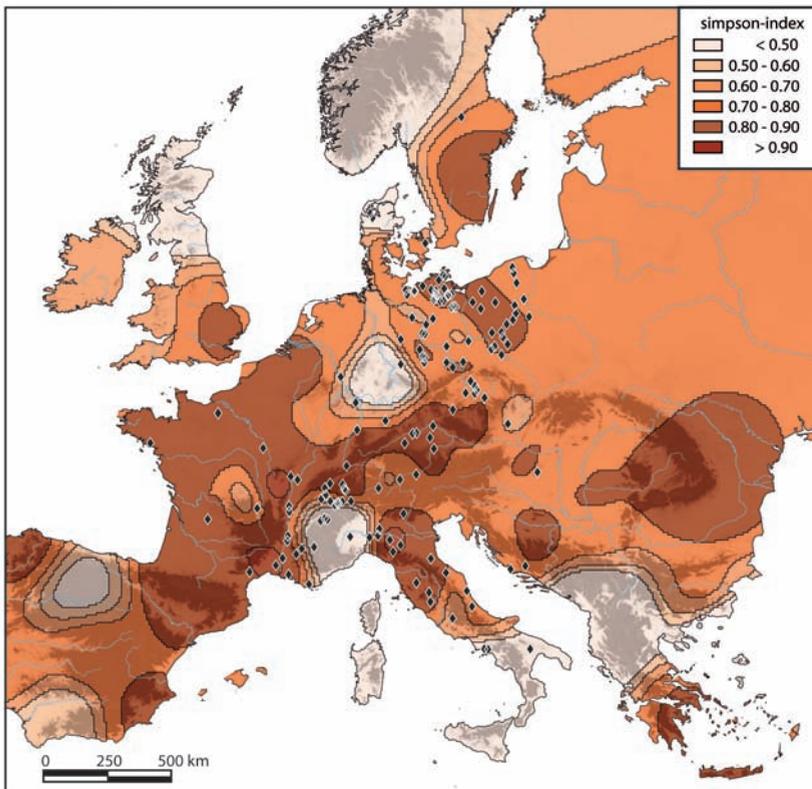


10 a



10 b

Abb. 10 a) Vorkommen frühbronzezeitlicher Stabdolche. Grundkarte vgl. Abb. 6 – b) Frühbronzezeitliche Stabdolchklinge mit Metallschaft aus dem Depotfund von Melz, Mecklenburg-Vorpommern



11 a

Abb. 11 a) Vorkommen frühbronzezeitlicher Vollgriffdolche. Grundkarte vgl. Abb. 8 – b) Frühbronzezeitliche Vollgriffdolche, Depotfund von Malchin, Mecklenburg-Vorpommern



11 b

Kleinteiligkeit regionaler Muster. Die Stabdolche markieren den Beginn der Bronzezeit mit ihrem Primat des nordwesteuropäischen Raumes. Die Vollgriffdolche belegen die Verlagerung von metallurgischen Innovationen von dort nach Mitteleuropa, wobei die mitteleuropäischen Vollgriffdolche enge Beziehungen nach Norditalien und den ostfranzösischen Raum aufzeigen. Eine weitergehende West-Ost-Drift metallurgischer Zentren zeigen die frühbronzezeitlichen Schwerter mit ihrem Hauptvorkommen in Norditalien und im Pannonischen Becken.

Schlagworte

Äneolithikum • Frühe Bronzezeit •
Diversität • Geoinformatik •
Metallurgie

Keywords

Aeneolithics • Early Bronze Age •
diversity • geoinformatics • metallurgy

Zusammenfassung

Benjamin Ducke – Knut Rassmann, Modellierung und Interpretation der Kommunikationsräume des 3. und frühen 2. Jahrtausends v. Chr. in Europa mittels Diversitätsgradienten

Ausgehend von der Annahme, dass der Grad der Diversität archäologischer Daten in einer Region Rückschlüsse auf die Kommunikationsintensität erlaubt, erfolgt eine GIS-gestützte Modellierung von Kommunikationsräumen für das 3. und frühe 2. Jahrtausend v. Chr. Anhand der Frequenz verschiedener Kupfersorten werden Diversitätsberechnungen angestellt und deren Ergebnisse mit naturräumlichen Daten in einem Modell zusammengeführt, in dem auch die Kosten für die Durchquerung der Landschaft berücksichtigt sind. Die europaweite Stichprobe der chemisch analysierten Kupferartefakte ermöglicht die verlässliche, einheitliche Bewertung unterschiedlicher Regionen und bildet somit die Grundlage für ein Ausgangsmodell, in dem die Beurteilung europäischer Landschaften in Äneolithikum und früher Bronzezeit als Interaktions- und Kommunikationsräume erfolgt.

Abstract

Benjamin Ducke – Knut Rassmann, Modelling and Interpretation of the Communication Spaces of the 3rd and Early 2nd Millennium BC in Europe Using Diversity Gradients

Assuming that it is possible to make inferences about the intensity of communication in a given region on the basis of the degree of diversity among archaeological data, a GIS-supported project was undertaken to model communication spaces for the 3rd and early 2nd millennium BC. Diversity calculations were made on the basis of the frequency of various types of copper and these results were combined with biogeographic data in a model in which the cost of crossing the landscape was also taken into account. A Europe-wide random sample of chemically analysed copper artefacts allows the reliable, unified evaluation of different regions and thus forms the basis for a prototype model capable of evaluating European landscapes in the Aeneolithics and Early Bronze Age as interaction and communication spaces.

Danksagung

Abschließend soll noch einmal betont werden, wie essentiell die freie Verfügbarkeit sowohl der hier verwendeten Daten als auch der Programme für die Machbarkeit dieser Studie waren. Unpublizierte, unerschwingliche, restriktiv lizenzierte oder patentierte Daten und Programme sind für die computerbasierte Forschung des Digitalzeitalters ebenso problematisch und fortschrittschwendend, wie unzugänglich aufbewahrte Artefakte oder Dokumente dies für die ›traditionelle‹ Forschung stets gewesen sind. Daher möchten wir hier noch einmal explizit unseren Dank an die Initiatoren, Förderer und Entwickler freier Geodatendienste und quelloffener Softwareprojekte ausdrücken. The authors would like to express their sincere gratitude to Hamish Bowman, Department of Marine Science, University of Otago, Dunedin, New Zealand, for making his cost based IDW interpolation software *v.surf.icw* freely available in the public domain and for providing helpful advice on its use.

Hans-Jürgen Köhler danken wir für die graphische Nachbearbeitung der Karten.

Abbildungsnachweis

Abb. 1–11: B. Ducke und K. Rassmann

Abkürzungen

- Bader 1986 • T. Bader, Neue Beiträge zu den mykenischen Schwertern vom Typ A aus Rumänien, *ZfA* 20, 1986, 1–14
- Bertemes 1989 • F. Bertemes, Das frühbronzezeitliche Gräberfeld von Gemeinlebarn. Kulturhistorische und paläometallurgische Studien, *SaarBeitr* 45 (Bonn 1989)
- Bobrowsky – Ball 1989 • P. T. Bobrowsky – B. F. Ball, The Theory and Mechanics of Ecological Diversity in Archaeology, in: R. D. Leonhardt – T. Jones (Hrsg.), *Quantifying Diversity in Archaeology, New Directions in Archaeology* (Cambridge 1989) 4–12
- Gally – Lahouz 1976 • A. Gally – M.-N. Lahouz, Pour une préhistoire de la métallurgie (Europe, Proche-Orient), *Archives suisse d'anthropologie générale* 40, 1976, 137–200
- Gerloff 1993 • S. Gerloff, Zu Fragen mittelmeerländischer Kontakte und absoluter Chronologie der Frühbronzezeit in Mittel- und Westeuropa, *PZ* 68, 1993, 58–102
- Harding 2000 • A. F. Harding, *European Societies in the Bronze Age, Cambridge World Archaeology* (Cambridge 2000)
- Hofmann u. a. 2006 • R. Hofmann – Z. Kujundžić-Vejzagić – J. Müller – N. Müller-Scheeßel – K. Rassmann, Prospektionen und Ausgrabungen in Okoliste (Bosnien-Herzegowina). *Siedlungsarchäologische Studien zum zentralbosnischen Spätneolithikum, BerRGK* 87, 2006, 41–212
- Hänsel 2003 • B. Hänsel, Stationen der Bronzezeit zwischen Griechenland und Mitteleuropa, *BerRGK* 83, 2003, 69–98
- Junghans u. a. 1968 • S. Junghans – E. Sangmeister – M. Schröder, Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Die Materialgruppen beim Stand von 12 000 Analysen, *Studien zu den Anfängen der Metallurgie* 1–3 (Berlin 1968)
- Krause 2003 • R. Krause, Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee, *Vorgeschichtliche Forschungen* 24 (Rahden/Westf. 2003)
- Kristiansen – Larsson 2005 • K. Kristiansen – T. B. Larsson, *The Rise of Bronze Age Society: Travels, Transmissions and Transformations* (Cambridge 2005)
- Kristiansen – Rowlands 1998 • K. Kristiansen – M. Rowlands (Hrsg.), *Social Transformations in Archaeology. Global and Local Perspectives* (London 1998)
- Leonhardt – Jones 1989 • R. D. Leonhardt – T. Jones (Hrsg.), *Quantifying Diversity in Archaeology, New Directions in Archaeology* (Cambridge 1989)
- Lloyd 2007 • Ch. D. Lloyd, *Local Models for Spatial Analysis* (Boca Raton 2007)
- Müller 2002 • J. Müller, Modelle zur Einführung der Zinnbronzetechnologie und zur sozialen Differenzierung der mitteleuropäischen Bronzezeit, in: J. Müller (Hrsg.), *Vom Endneolithikum zur Frühbronzezeit. Muster sozialen Wandels? Tagung Bamberg 14.–16. Juni 2001, Universitätsforschungen Prähistorischer Archäologie* 90 (Bonn 2002) 267–289
- Müller-Scheeßel – Burmeister 2006 • N. Müller-Scheeßel – S. Burmeister, Einführung: Die Identifizierung sozialer Gruppen. Die Erkenntnismöglichkeiten der Prähistorischen Archäologie auf dem Prüfstand, in: S. Burmeister – N. Müller-Scheeßel (Hrsg.), *Soziale Gruppen – kulturelle Grenzen. Die Interpretation sozialer Identitäten in der Prähistorischen Archäologie, Tübinger Archäologische Taschenbücher* 5 (Münster 2006) 9–38
- Openshaw 1984 • S. Openshaw, *The Modifiable Areal Unit Problem, Geo Books* (Norwich 1984)

Anschriften

Dr. Knut Rassmann
 Römisch-Germanische Kommission des
 Deutschen Archäologischen Instituts
 Palmengartenstraße 10–12
 60325 Frankfurt a.M.
 DEUTSCHLAND
 rassmann@rgk.dainst.de

Benjamin Ducke
 Oxford Archaeology
 Janus House
 Osney Mead
 OX2 0ES
 Oxford
 UNITED KINGDOM
 benjamin.ducke@oxfordarch.co.uk

- Pernicka 1984 • E. Pernicka, Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: Ein Methodenvergleich, *JbRGZM* 31, 1984, 517–531
- Pernicka 1998 • E. Pernicka, Die Ausbreitung der Zinnbronze im 3. Jahrtausend, in: B. Hänsel (Hrsg.), *Mensch und Umwelt in der Bronzezeit Europas* (Kiel 1998) 135–147
- Rassmann 2005 • K. Rassmann, Die innere Chronologie der Hortfunde der Klassischen Aunjetitzer Kultur. Eine Auswertung von Metallanalysen aus dem Forschungsvorhaben »Frühe Metallurgie im zentralen Mitteleuropa«, in: B. Horejs – R. Jung – E. Kaiser – B. Teržan (Hrsg.), *Interpretationsraum Bronzezeit* (Bonn 2005) 463–480
- Rassmann im Druck • K. Rassmann, Die frühbronzezeitlichen Stabdolche Ostmitteleuropas. Anmerkungen zu Chronologie, Typologie, Technik und Archäometallurgie, in: H. Meller u. a. (Hrsg.), *Der Griff nach den Sternen* (Halle [im Druck])
- Renfrew 1975 • C. Renfrew, Trade as Action at a Distance. Questions of Integration and Communication, in: C. C. Lamberg-Karlovsky (Hrsg.), *Ancient Civilization and Trade* (New Mexico 1975) 3–59
- Sangmeister 1968 • E. Sangmeister, Zur Ausbreitung der Metalltechnik in Europa, *Germania* 46, 1968, 4–10
- Sangmeister 1975 • E. Sangmeister, Die Anfänge der Metallurgie in Europa. Kommentare zu den Karten, *Ausgrabungen in Deutschland III = Monographien des RGZM* 1 (Mainz 1975) 297–299
- Schauer 1984 • P. Schauer, Spuren minoisch-mykenischen und orientalischen Einflusses im atlantischen Westeuropa, *JbRGZM* 31, 1984, 137–186
- Schickler 1968 • H. Schickler, Aufnahme und Ablehnung der Metallurgie bei frühbronzezeitlichen Kulturen Europas, *Germania* 46, 1968, 11–19
- Schickler 1981 • H. Schickler, Neolithische Zinnbronzen, in: H. Lorenz (Hrsg.), *Studien zur Bronzezeit. Festschrift Wilhelm Albert von Brunn* (Mainz 1981) 419–445
- Simpson 1949 • E. H. Simpson, Measurement of Diversity, *Nature* 163, 1949, 688
- Spindler 1971 • K. Spindler, Herstellung der frühen Zinnbronze in der frühen Metallurgie Europas, *ActaPraehistA* 2, 1971, 199–253
- Strahm 1994 • C. Strahm, Die Anfänge der Metallurgie in Mitteleuropa, *HelvA* 25, 1994, 2–39
- Wotzka 1997 • H.-P. Wotzka, Maßstabsprobleme bei der ethnischen Deutung neolithischer Kulturen, *Das Altertum* 43, 1997, 163–176