

Zentralität

THEORIE, METHODEN UND FALLBEISPIELE
ZUR ANALYSE ZENTRALER ORTE

Oliver Nakoinz



edition | topoi

BERLIN STUDIES OF THE ANCIENT WORLD

VOR FAST 100 JAHREN wurde die *Theorie Zentraler Orte* von Walter Christaller entwickelt. Dieser Ansatz spielte in der Geographie über Jahrzehnte hinweg eine große Rolle und gilt heute als obsolet. In der Archäologie ist der Ansatz allerdings noch immer von großer Bedeutung. Die vorliegende Arbeit beabsichtigt eine Reflexion und Modifikation der zentralörtlichen Theorie. Zunächst wird die Ausgangslage diagnostiziert und die Probleme der zentralörtlichen Theorie werden herausgearbeitet. Anschließend werden diese Probleme gezielt behoben. Die wirtschaftsgeographische Zentralitätsdefinition wird verallgemeinert und auf den Begriff der Interaktion ausgerichtet. Anschließend wird dieser Ansatz mit Netzwerkkonzepten integriert, in denen eine andere Art von Zentralität definiert ist. Durch die Verallgemeinerung wird eine Harmonisierung der Zentralitätsbegriffe Christallers und der Netzwerkforschung erreicht und die beiden vormalig unvereinbaren Theorien werden zu komplementären Modellen, die Zentralität auf unterschiedliche Weise umsetzen. Danach werden quantitative und semiquantitative Methoden der Zentralitätsforschung vorgestellt und auf Fallstudien aus Topoi angewendet.

Zentralität

THEORIE, METHODEN UND FALLBEISPIELE ZUR ANALYSE
ZENTRALER ORTE

Oliver Nakoinz

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

© 2019 Edition Topoi / Exzellenzcluster Topoi der Freien Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin
Abbildung Umschlag: Dichtecluster der bronzezeitlichen Fundstellen um Lossow. Graphik: Oliver Nakoinz,
Hintergrund: SRTM

Gestaltungskonzept: Stephan Fiedler

Printed and distributed by
PRO BUSINESS digital printing Deutschland GmbH, Berlin

ISBN 978-3-9819685-4-5
ISSN (Print) 2366-6641
ISSN (Online) 2366-665X
DOI 10.17171/3-56

First published 2019

Published under Creative Commons Licence CC BY-NC 3.0 DE.
For the terms of use of third party content, please see the reference lists.

www.edition-topoi.org

INHALT

Vorwort — 10

THEORIE UND METHODIK

1 Einleitung — 15

2 Diagnose der Ausgangslage — 19

2.1 Befund – Ausgangslage und Forschungsgeschichte der Zentralortforschung — 19

2.1.1 *Geographie* — 19

2.1.2 *Archäologie* — 30

2.1.3 *Facetten der archäologischen Zentralortforschung* — 44

2.2 Zweck der zentralörtlichen Theorie — 47

2.3 Die Probleme der zentralörtlichen Theorie — 48

3 Modifikation der Zentralitätstheorie — 51

3.1 Lösungsweg — 51

3.2 Definition von Zentralität und Zentralort — 52

3.3 Funktionale Zusammenhänge von Zentralität — 56

3.3.1 *Interaktion* — 56

3.3.2 *Distanz und Kosten* — 67

3.3.3 *Raumstrukturen* — 72

3.3.4 *Zentralisierungsprozesse* — 79

3.3.5 *Modelle und Optimierung* — 80

3.3.6 *Dezentralität und Marginalität* — 88

- 3.4 Klassifikation von Zentralität und zentralen Orten — 89
 - 3.4.1 *Interaktionszweck* — 89
 - 3.4.2 *Interaktionsform* — 90
 - 3.4.3 *Interaktionsknoten* — 91
 - 3.4.4 *Interaktionsknotenverteilung* — 92
 - 3.4.5 *Netzstruktur* — 92

4 Methoden der Zentralortforschung — 97

- 4.1 Empirische Daten — 97
 - 4.1.1 *Interaktionsknoten* — 97
 - 4.1.2 *Interaktionskanten* — 98
 - 4.1.3 *Interaktionsstrukturen* — 98
- 4.2 Naturräumliche Rahmenbedingungen — 98
- 4.3 Methoden zur Untersuchung von Interaktionsknoten — 99
 - 4.3.1 *Klassifikation* — 99
 - 4.3.2 *Prädefinierte Klassen* — 100
 - 4.3.3 *Numerische Klassifikation* — 101
 - 4.3.4 *Verteilung* — 103
 - 4.3.5 *Dichte* — 107
 - 4.3.6 *Zentralität* — 111
 - 4.3.7 *Zentren* — 112
 - 4.3.8 *Territorien* — 118
 - 4.3.9 *Hierarchie* — 126
- 4.4 Methoden zur Untersuchung von Interaktionskanten — 129
 - 4.4.1 *Klassifikation* — 130
 - 4.4.2 *Interaktionsintensität* — 131
 - 4.4.3 *Interaktionsdichte* — 131
 - 4.4.4 *Streckenlänge* — 131
 - 4.4.5 *Kantenhierarchie* — 131

- 4.5 Methoden zur Untersuchung von Interaktionsnetzen — 132
 - 4.5.1 *Konstruktion und Rekonstruktion von Netzen* — 132
 - 4.5.2 *Einfache Netzwerkparameter* — 136
 - 4.5.3 *Netzwerkanalyse* — 138

- 4.6 Ideal und real — 154

- 4.7 Analysestrategien — 155
 - 4.7.1 *Zentralitätsverteilung* — 155
 - 4.7.2 *Distanzanalysen* — 156
 - 4.7.3 *Organisationsstrukturen* — 158
 - 4.7.4 *Netzwerkanalysen* — 159

- 4.8 Vergleich von Zentralität — 160
 - 4.8.1 *Parametervergleich* — 161
 - 4.8.2 *Ausprägungsvergleich* — 161
 - 4.8.3 *Qualitative und semiquantitative Vergleiche* — 162
 - 4.8.4 *Zentralitätsdiagramm und räumliches Siedlungsmodell* — 163

- 4.9 Modellierung und Simulation von Zentralität — 164

- 5 Fazit der theoretischen und methodischen Überlegungen — 167

ANWENDUNG - FALLBEISPIELE

- 6 Projekt A-I-1 — 173

- 7 Projekt A-I-2 — 181

- 8 Projekt A-I-3 — 187

- 9 Projekt A-I-4 — 193

- 10 Projekt A-I-6 — 197

- 11 Projekt A-I-7 — 203

- 12 Projekt A-I-10 — 207

- 13 Projekt A-I-11 — 209

- 14 Projekt A-I-16 — 219

- 15 Projekt A-I-17 — 221

- 16 Synthese — 223
 - 16.1 Christallerzentralität und Netzwerkzentralität — 223

 - 16.2 Prozesse der Zentralisierung — 228
 - 16.2.1 *Initialisierung von Zentralität* — 228
 - 16.2.2 *Ergänzung um weitere Funktionen* — 229
 - 16.2.3 *Konsolidierung der Zentralität* — 229
 - 16.2.4 *Niedergang der Zentralorte* — 230

 - 16.3 Rahmenbedingungen für Zentralität — 230

 - 16.4 Stabilität von Zentralität — 232

- 16.5 Handlungsleitende Aspekte — 233
 - 16.5.1 *Zentrale Funktionen anbietender Interaktionspartner* — 234
 - 16.5.2 *Zentrale Funktionen konsumierender Interaktionspartner* — 238
 - 16.5.3 *Siedlungsstrukturen administrierende Einheiten* — 239
- 16.6 Ergebnis — 240

Anhang — 243

- A Zusammenfassungen in Deutsch und Englisch — 244
- B Bibliographie — 256
- C Nachweis für die Abbildungen und Tabellen — 279

Vorwort

Michael Meyer und Brigitta Schütt sei herzlich gedankt für die Möglichkeit, die vorliegende Studie im Rahmen eines Senior Fellowship in Topoi zu erarbeiten. Nicht nur einen spannenden Themenbereich, sondern auch ideale Rahmenbedingungen boten sie mir bei der von den Topoi-A-I Projekten ausgehenden Bearbeitung des Phänomens ‚Zentralität‘. Meinem Projektpartner Daniel Knitter möchte ich herzlich für die angenehme und impulsreiche Zusammenarbeit danken, die erheblich zum Ergebnis beigetragen hat. Ines Beilke-Voigt danke ich herzlich für Diskussionen und den gemeinsam organisierten Topoi-Workshop „Das Phänomen der ‚Doppelburgen‘“. Roswitha Del Fabbro sei herzlich für die Daten aus dem Umfeld von Aleppo gedankt, die eine wichtige Fallstudie quantitativer Analysen ermöglichten. Der DFG danke ich herzlich für die Möglichkeit diese Arbeit im Rahmen eines Heisenbergstipendiums (NA 687/1) fertigzustellen.

Aus dem Topoi-Team seien stellvertretend Regiona Attula, Miriam Beck, Katarzyna Chmiel, Beate Deppe, Gisela Eberhardt, Jan Krause, Diana Nickel und Hauke Ziemssen genannt, die mein Topoi-Jahr organisatorisch betreut haben und jederzeit hilfsbereit meine Probleme lösten, mit Ratschlägen weiterhalfen und ein angenehmes tägliches Umfeld bereiteten.

Den Projektleiterinnen und -leitern und Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeitern der Topoi-AI Projekte sei für die Zusammenarbeit, die Diskussionen und die Bereitstellung von Daten herzlich gedankt: Nicole Alexanian, Wiebke Bebermeier, Brian Beckers, Ines Beilke-Voigt, Jonas Berking, Maik Blättermann, Ortwin Dally, Malgorzata Daszkiewicz, Roswitha Del Fabbro, Friederike Fless, Anton Gass, Philipp Hoelzmann, Leon van Hoof, Georg Kaufmann, Janina Körper, Kay Kohlmeyer, Christoph B. Konrad, Jan Krause, Andreas Mehner, Julia Meister, Michael Meyer, Hermann Parzinger, Karin Petrovsky, Arne Ramisch, Dorothée Sack, Marlen Schlöffel, Stephan G. Schmid, Gerwulf Schneider, Brigitta Schütt, Stephan Seidlmayer, Christiane Singer, Jana Škundric, János Tóth, Burkart Ullrich, Martin Wetzels, Dietrich Wildung und Ulrike Wulf-Rheidt.

Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen gaben Hinweise und diskutierten mit mir das Thema Zentralität. Stellvertretend seien genannt: Reinhard Bernbeck, Wolfgang Dencke, Benjamin Ducke, Bogusław Gediga, Oliver Grimm, Eike Gringmuth-Dallmer, Peter Hagggett, Svend Hansen, Kerstin Hofmann, Klaus-Dieter Jäger, Albrecht Jockenhövel, Elke Kaiser, Sunhild Kleingärtner, Christoph Krauskopf, Jutta Kneisel, Rüdiger Krause, Karsten Lambers, Undine Lieberwirth, Johannes Müller, Ulrich Müller, Michael Müller Wille, Dominik Nowakowski, Sabine Reinhold, Sabine Rieckhoff, Eva Rosenstock, Winfried Schich, Donat Wehner und Arne Windler.

Schließlich möchte ich für die freundliche Aufnahme durch die Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Prähistorische Archäologie und der Fachrichtung Physische Geographie der FU Berlin sowie des Deutschen Archäologischen Institutes danken.

Für die Unterstützung bei redaktionellen Arbeiten danke ich herzlich Julia Runge und Caroline Tietze.

Schließlich soll auch den zwei anonymen Gutachtern herzlich gedankt werden, da sie zahlreiche Verbesserungen eingebracht haben.

Hiermit konnten nicht alle erwähnt werden, denen ich zu danken habe.

THEORIE UND METHODIK

I Einleitung

Die Untersuchung räumlicher Zusammenhänge ist nicht erst seit dem *Spatial Turn*¹ ein wichtiges Thema der Archäologie und insbesondere der Ur- und Frühgeschichte. Besonders die Frage nach Siedlungsmustern spielt schon seit längerer Zeit eine zentrale Rolle und ist wesentlicher Bestandteil einer allgemeinen Siedlungsarchäologie im Sinne Jankuhns² und Schiers³ sowie der Landschaftsarchäologie Lünings.⁴ Der Raum ist neben der Zeit eine der primären Dimensionen des Vergleichs kultureller und sozialer Inhalte. Während die Dimension Zeit auf die Analyse von Entwicklungen ausgerichtet ist, so ist die Dimension Raum in erster Linie auf synchrone Zusammenhänge fokussiert. In beiden Fällen dienen die unabhängigen Variablen, also Zeit und Raum zur Verbindung einzelner Beobachtungen. Sie werden also als vermittelte Variable verwendet, um beispielsweise das Vorkommen von Siedlungen, Fibeln oder Prestigefunden in ein Modell zu integrieren und zu erklären.

Soll der Raum als unabhängige Variable dienen, so ist es für viele Gesichtspunkte wichtig, dass für diese Variable eine Metrik gegeben ist. Wir müssen also mit Hilfe einer Norm Distanzen ermitteln können. Hier beginnt sich der Raum in verschiedene Varianten zu differenzieren. Zunächst ist der mathematisch-geographische Raum zu nennen. Die Euklidische Distanz ist hier eine sinnvolle und zu Recht die Standardnorm. In einem verkehrsgeographischen Raum könnten die Transportkosten eine entsprechende Rolle spielen, während im kulturellen Raum kulturelle Unterschiede verwendet werden. Der soziale Raum unterscheidet sich nun schon sehr deutlich vom mathematischen Raum und verwendet soziale Distanzen. Für kognitive Räume wird es notwendig sein eine zusammengesetzte Norm zu verwenden, die allen Gesichtspunkten gerecht wird. In diesen Zusammenhang wird man auch den Landschaftsbegriff einführen müssen. Der historische Raum schließlich verbindet mit den zeitlichen Aspekten und beinhaltet Ereignisse, Erinnerungen und ähnliches. Hier nähern wir uns auf der Basis kultu-

1 Döring 2010; Döring und Thielmann 2008; Soja 1989.

2 Jankuhn 1977.

3 Schier 2002.

4 Lünig 1997.

reller Gesichtspunkte Raum-Zeit-Modellen, wie sie in der Physik und der Geographie erarbeitet wurden.⁵

Generell werden zwei Raumtypen unterschieden: absolute und relative Räume.⁶ Während der absolute Raum wie oben dargestellt als neutraler Parameter fungiert, konstituiert sich der relative Raum unter anderem als bedeutungstragendes Objekt durch soziale Praxen. Leroi-Gourhan stellt fest:

Le fait humain par excellence est peut-être moins la création de l'outil que la domestication du temps et de l'espace, c'est-à-dire la création d'un temps et d'un espace humaine.⁷

Die vorliegende Arbeit thematisiert beide Raumkonzepte. Während der absolute Raum den analytischen Teil prägt, ist es der relative Raum, der im Wesentlichen den Inhalt darstellt. Denn, so wird sich im Verlauf der Arbeit zeigen, entwickelte, manifestierte und wahrgenommene räumliche Strukturen als Mittel der Organisation sozialer und ökonomischer Zusammenhänge sind das zentrale Thema dieses Buches. Vereinfacht gesagt nutzen wir hier den absoluten Raum, um die Nutzung des relativen Raums in der Vergangenheit zu untersuchen.

Mit Zentralität verfügen wir über einen Gesichtspunkt, der in allen genannten Raumtypen einsetzbar ist und besonders bedeutende Orte hervorhebt. ‚Besonders bedeutend‘ bedeutet hier, dass diese Orte für ihre Umgebung eine besondere Rolle spielen. Sie sind strategisch wichtig, Impulsgeber für unterschiedliche Entwicklungen und Bezugspunkt für verschiedene Aspekte. Zentrale Orte sind also die Stellen, die besonders zum Verständnis historischer Prozesse und räumlicher Zusammenhänge beitragen und uns erlauben Modelle der relevanten Zusammenhänge zu erarbeiten. Hier also muss die archäologische Interpretation ansetzen.

Darüber hinaus verfügen wir mit Zentralität über eine Variable, die zahlreiche Aspekte zusammenfasst und damit komplexe Zusammenhänge in vereinfachten Modellen darzustellen erlaubt. Dieser Gesichtspunkt ist nicht zu unterschätzen, da gerade die Integration unterschiedlicher Aspekte eine wichtige, aber schwierige Aufgabe der Analyse ist. Stellen wir die Zentralität eines Ortes seiner Größe gegenüber. Wir werden später sehen, dass Zentralität die Beziehung zum Umland fokussiert, aber Aspekte der Größe und Funktionalität ebenso beinhaltet. Damit ist der Parameter der Zentralität wesentlich besser zur Modellierung und Erklärung von Siedlungssystemen geeignet als die Siedlungsgröße.

5 Einstein 1988; Hägerstrand 1970; Schaffer 2004.

7 Leroi-Gourhan 1964.

6 Löw 2001, 24–35.

Gegenwärtig sind Zentralorte ein wichtiger Forschungsgegenstand und Zentralität ein Schlüsselbegriff der deutschen Archäologie. Die Vorgeschichte dieses gegenwärtigen Schwerpunktes sind die jahrzehntelange archäologische Erforschung herausragender Siedlungen und die Entwicklung der zentralörtlichen Theorie in Geographie und Archäologie. In beiden Disziplinen hat die Theorie zentraler Orte zu unterschiedlichen Zeiten und in unterschiedlichen Gebieten großen Einfluss auf die Forschung ausgeübt. Sie hat sich seit ihrer Entwicklung durch Walter Christaller⁸ als wichtiges Forschungsinstrument erwiesen, aber auch Schwächen gezeigt. An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an. Nach einer Formulierung des Zwecks einer Zentralitätstheorie und der Nachteile der zentralörtlichen Theorie können Ansätze zur Verbesserung und zu einer allgemeinen Zentralitätstheorie erarbeitet werden. Aus archäologischer Sicht ist es wichtig, dass die Anwendbarkeit der Theorie in empirischen Analysen deutlich verbessert wird und die Theorie insbesondere eine solide Grundlage für den Vergleich von Siedlungen und Siedlungsstrukturen bildet. Die resultierende Theorie soll möglichst einfach sein und das Verhältnis zu konkurrierenden Ansätzen soll klar sein. Insbesondere soll die allgemeine Zentralitätstheorie sowohl die Theorie Christallers wie auch neue Netzwerktheorien umfassen. Sie soll keine umfassende Standorttheorie sein, sondern sich lediglich mit dem Aspekt der Zentralität im räumlichen Kontext beschäftigen.

Die erarbeitete Theorie der Zentralität besteht im Kern in einer Definition von Zentralität, die durch eine Betrachtung der funktionalen Zusammenhänge ergänzt wird. Anschließend findet eine Klassifikation statt, die als Grundlage des Vergleichs von Siedlungen und Siedlungsstrukturen dienen soll. Schließlich werden die Methoden der Zentralortforschung besprochen. In einem zweiten Teil sollen die Theorie und die Methoden zur Anwendung kommen, wobei der Vergleich der in Topoi A1 untersuchten Zentralorte im Mittelpunkt steht. Ergänzend treten einschlägige Fallbeispiele aus der Literatur hinzu.

8 Christaller 1933.

2 Diagnose der Ausgangslage

2.1 Befund – Ausgangslage und Forschungsgeschichte der Zentralortforschung

Orte, die eine besondere Anziehung aufweisen und sich oft durch eine überdurchschnittliche Größe auszeichnen, sind in vielen Zeiten und Regionen zu beobachten. Aus archäologischer Sicht sind sie von großem Interesse, da sie Zusammenhänge mit sozialen Eliten und anderen spezifischen sozialen Gruppen, besonderen wirtschaftlichen Grundlagen, wichtigen Kommunikationssysteme und historischen Ereignissen erwarten lassen. Diese Orte erweisen sich vielfach als nützliche Ansatzpunkte der Forschungen zu verschiedenen Themen. Da diese Orte in erster Linie durch die räumliche Koinzidenz verschiedener, als relevant betrachteter Merkmale charakterisiert sind, liegt der Ursprung und Schwerpunkt der Untersuchung derartiger Orte naturgemäß in der Geographie. In der modernen westlichen Welt sind es vor allem die Städte, die entsprechende Charakteristika aufweisen. Seit dem 19. Jahrhundert widmet sich der Urbanisierungsdiskurs intensiv diesem Thema. Immer wieder zeigte sich hierbei, dass die Definition des Begriffs Stadt schwierig ist, da zahlreiche Aspekte eine Rolle spielen. Zu nennen sind geographische, soziale, rechtliche, wirtschaftliche und historische Gesichtspunkte. Die Diskussion hält bis heute an, wobei jede Phase der Forschung eigene Merkmale in den Vordergrund gestellt hat (Abb. 1).

2.1.1 Geographie

Christaller

Unzufrieden mit der, in der Geographie Anfang des 20. Jahrhunderts vorliegenden Forschungslage versuchte der deutsche Geograph Walter Christaller den Forschungsgegenstand der Stadt von einer anderen Seite anzugehen.⁹ Er definiert nicht, was eine Stadt

⁹ Christaller 1933.

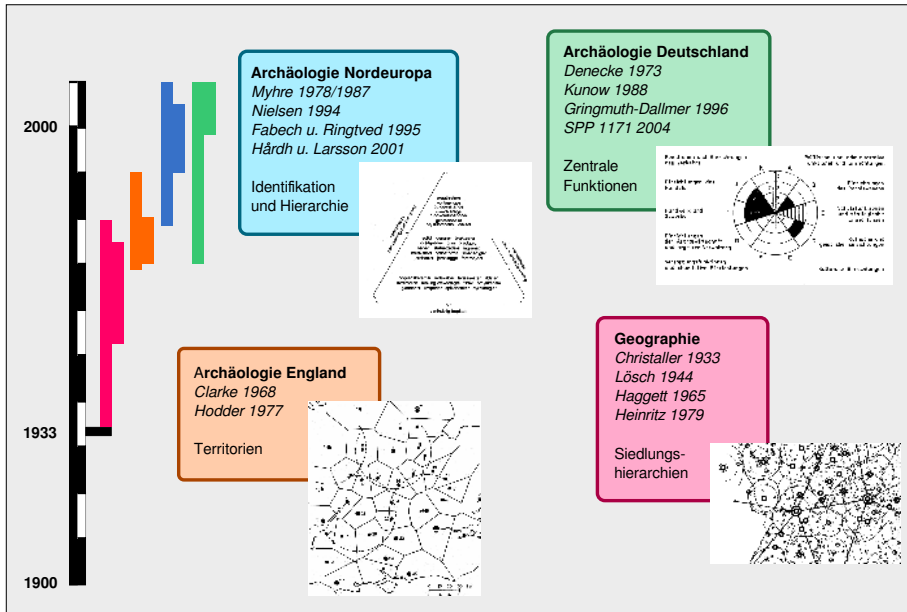


Abb. 1 Die wichtigsten Traditionen der Zentralortforschung aus Sicht der Archäologie.

ist, sondern führt den damals neutralen Begriff des zentralen Ortes ein. Dieser deduktive Ansatz, mit dem auch quantitative Methoden in die Geographie eingebracht werden, stellt ungeachtet der Tatsache, dass deutliche Einflüsse von Gradmann, Weber und von Thünen erkennbar sind,¹⁰ eine grundlegende Neuerung dar. Christaller stellt die Frage, warum Städte an bestimmten Orten entstehen und zu einer bestimmten Größe anwachsen: „Wie finden wir aber eine allgemeine Erklärung für die Größe, Anzahl und Verteilung der Städte, wie finden wir Gesetze?“¹¹

Hierbei geht er strikt von einem wirtschaftsgeographischen Standpunkt aus, bei dem insbesondere der tertiäre Wirtschaftssektor im Fokus steht. Die Versorgung mit bestimmten Dienstleistungen, aber auch mit Produkten des primären und sekundären Wirtschaftssektors erfolgt für ein so genanntes Ergänzungsgebiet von zentralen Orten aus. Dabei hat jedes Produkt eine spezifische Reichweite, wodurch sich eine hierarchische Staffelung ergibt.

Als Einstieg in das Thema *Zentralität* geht Christaller zunächst kurz auf eine Auffassung Gradmanns ein,¹² die er so interpretiert, dass Städte Mittelpunkte für ein Umland seien: „Hauptberuf [...] der Stadt ist es, Mittelpunkt eines Gebietes zu sein.“¹³

10 Gradmann 1931; Weber 1909; Von Thünen 1875.

12 Gradmann 1916, 427.

11 Christaller 1933, 13.

13 Christaller 1933, 23.

Dieser Satz ist wohl der Ursprung der gelegentlich in Diskussionen zu hörenden Ansicht, das Christaller Zentralorte für Mittelpunkte hält, aber nicht klar definiert. Hier- von ausgehend entwickelt er die Theorie der Bedeutung von Orten, die er zur Veranschaulichung vage der Größe entsprechen lässt: „Jeder Ort hat eine gewisse Bedeutung, die gewöhnlich aber ungenau, als ‚Größe‘ des Ortes bezeichnet wird.“¹⁴

Die Bedeutung präzisiert er, indem er sie auf die Aktivität der Bewohner zurück- führt und als „Intensitätsgrad“ ansieht: „Die ‚Bedeutung‘ ist [...] das Ergebnis des Zusammenwirkens der wirtschaftenden Bewohner, dieses ‚Wirken‘ ist ein Intensitätsgrad.“¹⁵

Nun geht er auf Abweichungen von der Proportionalität zur Bevölkerungszahl ein. Einen Bedeutungsüberschuss bringt er mit einem Bedeutungsdefizit im Umland in Zusammenhang:

Dieses ‚Leben‘ einer Stadt, also ihre Bedeutung, steht nicht notwendig in Parallel- beziehung zu der Einwohnerzahl, es kann gewissermaßen ein Überschuss an Bedeutung vorhanden sein. Vorzugsweise haben zentrale Orte einen solchen Überschuss. Wem ist dieser Überschuss zu danken? Den dispersen Orten, die entsprechend ein Defizit an Bedeutung aufweisen.¹⁶

Anschließend werden diese Abweichungen als relative Bedeutung klar definiert. Hierbei ergibt sich der Bedeutungsüberschuss als die Bedeutung, die über das aus der Bevölkerungszahl ableitbare hinausgeht:

Die Stadt hat eine Gesamtbedeutung B, davon entfällt B_z auf die eigene Bevölkerung, die Differenz B-B_z, der Bedeutungsüberschuss, auf das sie umgebende Gebiet. Die Gesamtbedeutung können wir als absolute Bedeutung der Stadt bezeichnen, den Bedeutungsüberschuss als relative Bedeutung.¹⁷

Dieses Zitat ist von entscheidender Bedeutung, da es angibt, dass wir den relativen Bedeutungsüberschuss und damit – wie aus dem nächsten Zitat hervorgeht – Zentralität nicht und nicht einmal annähernd mit der Bevölkerungszahl gleichsetzen dürfen. Die Bevölkerungszahl bildet vielmehr die Bezugsgröße der Zentralität.

Abschließend wird Zentralität als relativer Bedeutungsüberschuss eines Ortes definiert:

Wir wollen in diesem Sinne kurzweg von der ‚Zentralität‘ eines Ortes sprechen und verstehen darunter die relative Bedeutung eines Ortes in bezug auf das

14 Christaller 1933, 26.

15 Christaller 1933, 26.

16 Christaller 1933, 26.

17 Christaller 1933, 27.

ihn umgebende Gebiet, oder den Grad, in dem die Stadt zentrale Funktionen ausübt.¹⁸

Hier begegnet uns nun auch erstmals der Begriff der zentralen Funktionen, die später in der Archäologie eine besondere Rolle spielen wird.

Es folgen einige weitere Definitionen und Charakterisierungen. Zentrale Güter und Dienste sind solche, die an einem zentralen Ort für ein Ergänzungsgebiet bereitgestellt werden.¹⁹ Letzteres wird einfach definiert:

Das Gebiet, für das ein zentraler Ort der Mittelpunkt ist, soll ein Ergänzungsgebiet heißen.²⁰

In engem Zusammenhang mit dem Ergänzungsgebiet steht die Reichweite eines Gutes. Diese gibt an, bis zu welcher maximalen Entfernung zu einem Zentralort eine zentrale Funktion genutzt wird.²¹ Die Reichweite ist für die einzelnen Funktionen und Güter spezifisch. Es gilt demnach, dass Ergänzungsgebiete sich nicht scharf abgrenzen lassen, sondern sich überschneiden können.²² Neben dieser äußeren Reichweite ist die innere Reichweite zu nennen, die minimales Ergänzungsgebiet angibt, das zur Aufrechterhaltung der entsprechenden zentralen Funktion notwendig ist.

Nachdem die grundlegenden Begriffe und Zusammenhänge klar definiert sind, geht Christaller der Frage nach, wie die zentralen Funktionen am besten erfüllt werden können. Er geht hierbei, ganz im wirtschaftsgeographischen Sinne davon aus, dass die Kosten in einem Siedlungssystem, das eine flächendeckende Versorgung mit zentralen Gütern gewährleistet, minimiert werden sollen.²³ Als dominanten Kostenfaktor sieht er die Transportkosten an.²⁴ Hier ist nicht nur der Praxisbezug ökonomischen Handels, sondern auch die Tradition von Thürens und Webers zu sehen. Das Siedlungssystem soll also so organisiert sein, dass die Transportkosten minimal sind. Erwähnt sei noch, dass Christaller sich unter Distanz eine wirtschaftliche Entfernung vorstellt, die neben den reinen Transportkosten auch andere Kosten gewissermaßen abbildet. Auf diesen Aspekt geht er jedoch nur kurz ein.²⁵

Den Gedanken der Optimierung der Siedlungsstruktur stellt er anhand eines Funktionsmodells dar, in dem die Transportkosten nur von der Distanz abhängen. Weiterhin wird in diesem Modell angenommen, dass sich alle Menschen rational Verhalten und umfassende Informationen besitzen, die Nachfrage gleich verteilt ist und dergleichen

18 Christaller 1933, 27.

19 Christaller 1933, 27–30.

20 Christaller 1933, 30.

21 Christaller 1933, 32.

22 Christaller 1933, 31.

23 Christaller 1933, 31.

24 Christaller 1933, 63–85.

25 Christaller 1933, 31–32.

Fig. 2. Die Ergänzungsgebiete im System der zentralen Orte.

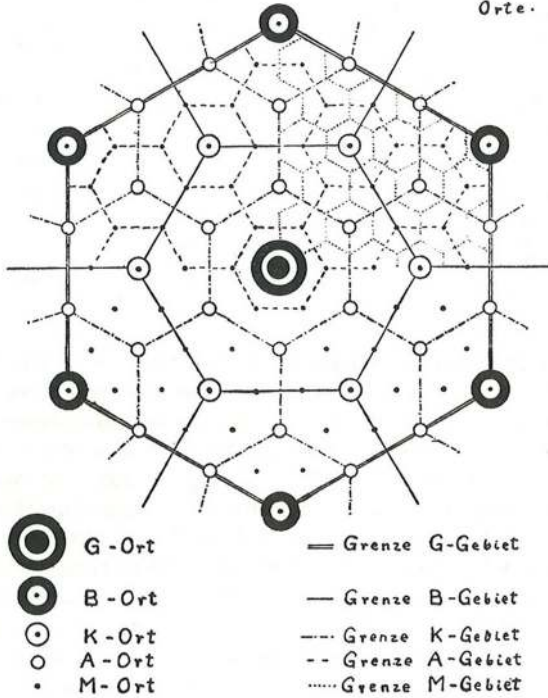


Abb. 2 Optimierte Siedlungsstrukturen in Christallers Modell nach dem Versorgungsprinzip.

mehr.²⁶ Die Einzugsgebiete der Zentralorte ergeben sich hierbei als Thiessenpolygone, da die Grenze zwischen zwei Ergänzungsgebieten dort liegt, wo die Distanz zu zwei oder drei Zentren gleich ist. Im Fall einer dichtesten Punktpackung bilden die Thiessenpolygone die bekannten Hexagone. Bedenkt man, dass die Güter unterschiedliche Reichweiten haben, so ergibt sich weiterhin eine Hierarchie der genannten Hexagone als optimale Siedlungsstruktur. Hierbei liegen in den größeren Hexagonen die größeren Zentren.

Christaller unterscheidet drei Varianten seiner optimierten Siedlungsstruktur, die anhand dreier Prinzipien entwickelt werden (Abb. 2). Die einzelnen Varianten werden anhand von k-Werten charakterisiert (Abb. 3-4). Diese Werte geben an, wie viele untergeordnete Orte einem direkt übergeordneten Ort zukommen. Durch die Variation dieser Zahl ergeben sich unterschiedliche räumliche Strukturen, die für verschiedene Zwecke geeignet sind.

26 Vgl. Heinritz 1979, 23-26.

Fig. 4. Ein System der zentralen Orte, aus dem Verkehrsprinzip entwickelt.

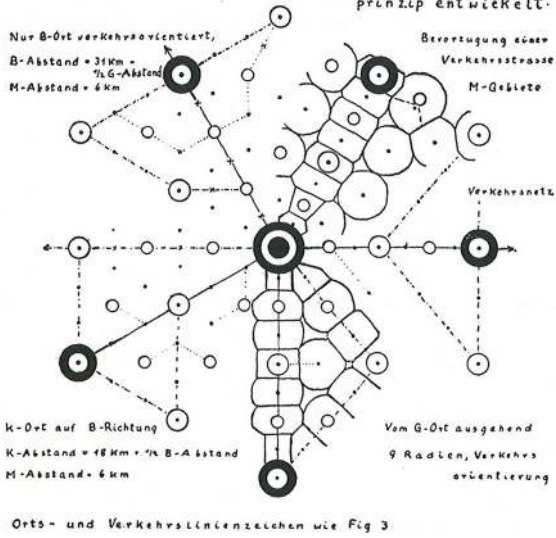


Abb. 3 Optimierte Siedlungsstrukturen in Christallers Modell nach dem Verkehrsprinzip.

Fig. 6. Ein System der zentralen Orte, dem Absonderungsprinzip entsprechend.

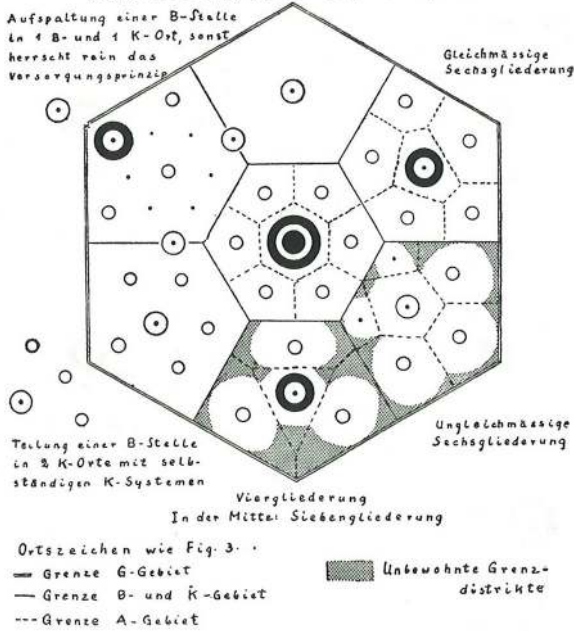


Abb. 4 Optimierte Siedlungsstrukturen in Christallers Modell nach dem Absonderungsprinzip.

Versorgungs- oder Marktprinzip. Eine Versorgung mit zentralen Gütern auf der Basis der Reichweite zentraler Güter mit einem Minimum zentraler Orte und den geringsten Kosten. Der k-Wert beträgt 3.

Verkehrsprinzip. Hierbei wird die Siedlungsstruktur des Versorgungsprinzips so abgewandelt, dass ein effizientes Verkehrssysteme entstehen. Möglichst viele Orte liegen auf einer Linie. Der k-Wert beträgt 4.

Absonderungsprinzip. Hierbei wird die Siedlungsstruktur des Versorgungsprinzips so abgewandelt, dass eine effiziente Grenzziehung möglich wird, die auch die gegebene Hierarchie berücksichtigt. Der k-Wert beträgt 7.

Dem ersten Teil seiner Arbeit, den Christaller auch als Standortlehre bezeichnet, folgt ein verbindender Teil.²⁷ Hier versucht er die Theorie mit empirischen Beobachtungen in Beziehung zu setzen. Zunächst führt er zentrale Einrichtungen auf, die zentrale Orte unterschiedlichen Niveaus kennzeichnen. Ihre Anwendung hält er für problematisch, da eine angemessene Quantifizierung nicht mit den zentralen Einrichtungen zu erreichen ist. Statt dessen wählt er die Anzahl der Telefonanschlüsse als Proxy für die Bedeutung eines Ortes und begründet es damit, dass die Erfüllung zentraler Funktionen Kommunikation erfordert. Die Zentralität eines Ortes ergibt sich hierbei als Differenz zwischen Gesamtbedeutung und der Bedeutung, die auf die Bevölkerungszahl zurückgeht. Demnach wird von der Anzahl der Telefonanschlüsse die Anzahl der erwarteten Telefonanschlüsse abgezogen:²⁸

$$Z_z = T_z - E_z \frac{T_g}{E_g} \quad (2.1)$$

Die erwartete Anzahl der Telefonanschlüsse ergibt sich hierbei als das mit der Einwohnerzahl des Ortes multiplizierte Verhältnis aller Telefonanschlüsse im Arbeitsgebiet durch die Gesamtbevölkerung im Arbeitsgebiet.

Im dritten Teil von Christallers Dissertation erfolgt die empirische Auswertung, bei der für jeden Ort in Süddeutschland ein Zentralitätswert ermittelt wird und ein System zentraler Orte, also ein Siedlungssystem rekonstruiert wird. Durch die Gegenüberstellung der theoretischen Modelle mit dem empirischen Befund wird zudem ermittelt, welches Optimierungsprinzip jeweils angewendet wurde. Dabei zeigt sich, dass das Versorgungsprinzip dominant ist.²⁹

Die relativ ausführliche Besprechung Christallers Arbeit zeigt, dass in der Diskussion um zentrale Orte manche Aspekte seiner Arbeit etwas vernachlässigt zu werden scheinen. Besonders drei Punkte scheinen hier erwähnenswert:

27 Christaller 1933, 137–164.

29 Christaller 1933, 354.

28 Christaller 1933, 146.

- Zentralität wird klar definiert. Dies wird gelegentlich dadurch verdeckt, dass lediglich auf den schwammigen Begriff Bedeutungsüberschuss hingewiesen wird, ohne diesen in der gleiche Weise zu präzisieren, wie es in Christallers Arbeit geschieht. Auch Christallers einleitender Bezug auf Gradmanns Auffassung von Städten als Mittelpunkt trägt zu Missverständnissen bei.
- Zentralität ist die *relative* Bedeutung beziehungsweise der Bedeutungsüberschuss und muss deshalb im Verhältnis zur Bevölkerungszahl gesehen werde, die kein Proxy für Zentralität sein kann. Die Bevölkerungszahlen bilden die Gesamtbedeutung eines Ortes ab, wobei die Zentralität, also die relative Bedeutung sich als Abweichung von diesem Wert ergibt. Das Rang-Größen-Gesetz für Städte, das auf der Bevölkerungszahl basiert steht demnach nicht im Zusammenhang mit Zentralität, worauf auch Christaller hinweist.³⁰
- Christaller trennt nicht klar zwischen wirtschaftlichen und geographischen Distanzen. Sein Optimierungsmodell ist einerseits als Funktionsmodell gedacht, das wirtschaftliche Distanzen enthält, baut aber auch wesentlich auf geographischen Distanzen auf. Damit ist auch die Unterscheidung zwischen einem Funktionsmodell, das die wesentlichen Zusammenhänge aufzeigt, und Optimierungsmodell für gegebene Parameter undeutlich. Hier setzten viele Kritikpunkte an Christallers Theorie an. Vielfach wird ein homogener Raum als Voraussetzung für Christallers Modell angeführt. Tatsächlich aber können die ökonomischen Distanzen Inhomogenitäten aufnehmen. Damit liegt es nahe, eine Projektion des ökonomischen Raumes, in dem die Optimierung mit den bekannten Hexagonen erfolgt, in den geographischen Raum vorzunehmen.

Ein Thema bleibt noch anzusprechen: Die NS-Vergangenheit Christallers. Hier sind mehrere Aspekte zu trennen. Der Missbrauch der zentralörtlichen Theorie in der Raumplanung des dritten Reiches wird hier nicht thematisiert, da Fragen der Raumplanung in der vorliegenden Arbeit weitgehend ausgeschlossen werden sollen. In unserem Kontext geht es um die analytische Verwendung der zentralörtlichen Theorie. Christallers Dissertation von 1933 enthält nur knappe Erwähnungen zu einer möglichen Anwendung der Theorie zur Raumplanung und keinerlei nationalsozialistisches Gedankengut. Zu kritisieren ist die Person Christaller in den Jahren zwischen 1940 und 1945 zweifellos.³¹ Hier gilt es aber zwei Dinge zu meiden. Erstens darf diese Kritik nicht auf seine Theorie von 1933, die inhaltlich unbelastet ist übertragen werden, da wir sonst ein *argumentum ad*

30 Christaller 1933, 63.

31 Rössler 1990.

hominem verwenden und damit unsere wissenschaftliche Grundlage untergraben würden.³² In diesem Zusammenhang sei auch an das Konzept des *reduction ad bitlerum* von Strauss erinnert.³³ Ungeachtet dessen ist der Einfluss nationalsozialistischen Gedankengutes auf die weitere Entwicklung der zentralörtlichen Theorie nicht zu leugnen.³⁴ Es ist also durchaus problematisch von einer einheitlichen Theorie zu sprechen. Raumplanung als Anwendung der zentralörtlichen Theorie spielt in der Frühphase keine Rolle, wird aber schon während der 1930er Jahren dominant. Im Laufe der Zeit wurden unterschiedliche Einflüsse aufgenommen. Die Wahrnehmung Christallers Arbeit basiert heute hauptsächlich auf Sekundärliteratur der Nachkriegszeit, in der Fragen der Raumplanung im Vordergrund stehen.³⁵ Im Wesentlichen beziehen wir uns im vorliegenden Beitrag auf Christallers Dissertation von 1933. Zweitens ist darauf zu achten, dass keine oberflächliche und simplifizierende Klassifikation in Nazis und Nichtnazis erfolgt, sondern eine differenziertere Auseinandersetzung mit dem Problem.³⁶ In Rahmen der vorliegenden Arbeit ist das nicht mit der angemessenen Sorgfalt zu leisten und muss hier als offene Frage gelten.

Geographie nach Christaller

Tatsächlich konnten seit der Publikation der Dissertation Christallers viele Untersuchungen Siedlungsstrukturen aufzeigen, die nach den Prinzip der christallerschen Zentralorte organisiert sind.³⁷ Während eine breitere Rezeption der zentralörtlichen Theorie erst etwa zwei Jahrzehnte nach der Publikation einsetzte, stellt die Arbeit von Lösch schon einen ersten Schritt der Verbesserung dar, die vor allem in den 1950er bis 1970er Jahren mit zahlreichen Ansätzen versucht wurde. Insbesondere seit Mitte der 1950er und in den 1960er Jahre, in der Zeit des Aufkommens der quantitativen Geographie,³⁸ ist die Zeit der Blüte der Theorie zentraler Orte. Neben dem vermehrten Aufkommen quantitativer Ansätze sind es auch konzeptuelle Arbeiten, die einen Fortschritt erbringen. So gelingt es von Böventer die Theorien von Thünens, Christallers und Löschs zu integrieren.³⁹ In den 1970er Jahren nahm die Kritik an der zentralörtlichen Theorie zu. Seit den 1990er Jahren gilt sie in der Geographie weitgehend als nicht mehr zeitgemäß. Netzwerktheoretische Ansätze, die weniger aus der geographischen Netzwerkanalyse⁴⁰ als vielmehr der sozialen Netzwerkanalyse⁴¹ hervorgegangen sind, werden als

32 Walton 1998.

33 Strauss 1953.

34 Barnes 2012.

35 Vgl. etwa Haggett 1965.

36 Vgl. Fehn 2008; Barnes 2012.

37 Z. B. Tobler 1967b; Newton 1984; Skinner 1964; Webber 1971.

38 Berry und Garrison 1958a; Berry und Garrison 1958c; Berry und Garrison 1958b; Bunge 1962; Hägerstrand 1952; Haggett 1965; Haggett und Chorley 1969; Tobler 1967b; Tobler 1967a.

39 Von Böventer 1964.

40 Haggett und Chorley 1969; Burghardt 1971.

41 Granovetter 1974; Scott 2000.

Paradigmenwechsel propagiert.⁴² Teilweise jedoch wird auch der Übergang von hierarchiebasierten Modellen, die bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts vorherrschten, zu Netzwerkmodellen in darauf folgender Zeit empirisch untersucht.⁴³ Eine gewissermaßen verdeckte Rückkehr der zentralörtlichen Theorie ist im Rahmen der *New Economic Geographie*⁴⁴ zu beobachten.⁴⁵ Während Krugman diese Theorie als „German geometry“ kritisiert,⁴⁶ so sind doch die Unterschiede der Theorien von Christaller und von Krugman nicht allzu groß. In beiden Fällen geht es letztlich um eine Optimierung der Siedlungsstruktur und zwar insbesondere der Lage von Städten auf der Basis der Transportkosten. Hiermit gliedern sich die Theorie Christallers und Krugmans in die Reihe der geographischen Modelle, die als wesentlichen Parameter die Distanz beziehungsweise die Transportkosten verwenden. Als weitere Beispiele können die Modelle von von Thünen, Fetter, Lösch, Renfrew und Level sowie das Gravitationsmodell mit all seinen Varianten angeführt werden.⁴⁷

Im Umfeld der *New Economic Geographie* werden verschiedene Modellierungen und Simulationen von Siedlungssystemen durchgeführt.⁴⁸ Diese Untersuchungen helfen die Mechanismen der Entstehung von Zentren und Hierarchien zu verstehen und die relevanten Parameter zu benennen. Ganz der ursprünglichen Intention Christallers entsprechend werden ökonomische Fragestellungen unter geographischen Gesichtspunkten thematisiert.

Auf einige ausgewählte Aspekte der geographischen Zentralortforschung wollen wir etwas näher eingehen. Eher wenige Arbeiten zu diesem Thema legen Christallers exakte Definition von Zentralität zu Grunde. Verbreitet ist es, statt von einer relativen Bedeutung beziehungsweise einem Bedeutungsüberschuss auszugehen, eine absolute Bedeutung zu verwenden. So finden wir die Auffassung, dass zentrale Orte durch zentrale Einrichtungen definiert werden sollen.⁴⁹ Im diesen Sinne erfüllen zentrale Orte bestimmte Funktionen, auch wenn sie isoliert sind und diese Funktionen nicht für ein Umfeld erfüllen. Ein Ansatz, der dieses Problem nicht hat, aber dennoch Zentralität mit absoluter Bedeutung gleichsetzt, stammt von Gustafsson⁵⁰ und Sedlacek,⁵¹ für die zentrale Orte Interaktionsziele sind, deren Zentralität graduell gemessen wird.

Als weiterer wichtiger Aspekt sind die quantitative Zentralitätsmaße zu nennen.⁵² Es wurden zahlreiche Möglichkeiten entwickelt Zentralität zu messen. Dabei bleiben die theoretischen Grundlagen nicht unangetastet. Einige Ansätze lösen sich von Christallers Gedanken, dass Zentralität relative Bedeutung ist und verwenden, wie oben schon

42 Meijers 2007.

43 Neal 2011.

44 Krugman 1995; Fujita, Krugman und Venables 1999.

45 Güßfeld 2005.

46 Krugman 1995, 38.

47 Von Thünen 1875; Fetter 1924; Lösch 1940; Lösch 1954; Renfrew und Level 1979.

48 Z. B. Tabuchi und Thisse 2006.

49 Z. B. Bobek 1969; Denecke 1973.

50 Gustafsson 1973.

51 Sedlacek 1973.

52 Vgl. Heinritz 1979, 46–76.

erwähnt wurde, statt dessen die absolute Bedeutung. Dies sind keine marginalen Änderungen, da sie den Kerngedanken der Zentralität unterminieren.

Zunächst kann versucht werden die Anzahl der Beschäftigten, welche die zentralen Funktionen erfüllen, als Maß der Zentralität zu verwenden. So greift Neef beispielsweise auf die Anzahl der Beschäftigten im Einzelhandel zurück.⁵³

Die Verwendung zentralen Einrichtungen als Zentralitätsmaß⁵⁴ setzt an dem Gedanken an, dass die Bedeutung eines Ortes, die dem Umland zukommt, durch besondere Institutionen erfüllt werden. Das Vorkommen dieser Einrichtungen mit ihren spezifischen Reichweiten und ihre Charakterisierung kann demnach verwendet werden um Zentralität zu messen. Der Vorteil dieser Methode ist, dass zumindest für historische Zeiten die Anwendung relativ einfach und die erforderliche Datengrundlage nicht sehr anspruchsvoll ist. Berry und Garrison konnten zeigen, dass die Anzahl der zentralen Funktionen als Zentralitätsmaß geeignet sein kann.⁵⁵ Für das Mittelalter hat Denecke einen derartigen Ansatz verfolgt und zehn zentrale Funktionen unterschieden.⁵⁶

Die beiden bisher genannten Ansätze gehen davon aus, dass die Zentralität durch Informationen zu erschließen ist, die für einen Ort vorliegt. Die Beziehung zum Umland wird hier also durch punktuelle Informationen repräsentiert. Anders verhält es sich bei den im Folgenden zu besprechenden Ansätzen. Hier sind es die Umlandbeziehungen selbst, die thematisiert werden. Zunächst können die Interaktionen, die auf einen zentralen Orten gerichtet sind, als Zentralitätsmaß verwendet werden.⁵⁷ Da die empirische Ermittlung der Interaktionen vielfach als zu aufwändig gilt, wird mit Gravitationsmodellen gearbeitet. Diese sagen unter Verwendung einer Formel vorher, welche Interaktionen von einem Ort ‚angezogen‘ werden. Gustafsson kommt zu dem Schluss, dass eine Interaktionsbestimmung hiermit eigentlich nicht möglich ist.⁵⁸

Gerade in der deutschen Geographie war die Fragebogenmethode von besonderer Bedeutung.⁵⁹ Hier wird für jeden Ort eine Fragebogen ausgefüllt, der aufführt, an welchem Ort welche zentrale Funktion erfüllt wird. Hiermit werden die Interaktionen vereinfachend dargestellt und die Entwicklung einer Siedlungshierarchie ist möglich.

Die Frage, ob Siedlungshierarchien vorliegen und wie diese zu charakterisieren sind, ist ein Aspekt, den zu klären unterschiedliche Methoden angewendet wurden. Ein Ansatz steht in Zusammenhang mit Untersuchung der Siedlungsränge, also der Ordnung der Siedlungen anhand der Größe oder vergleichbarer Parameter. Häufig diskutiert und zitiert wurde der Sachverhalt, dass Siedlungsstrukturen die im Sinne Christallers hierarchisch aufgebaut sind, eine besondere Verteilung der Größen über den Rängen aufweist. In einer Rang-Größen-Graphik entsprechen die beobachteten Werte etwa

53 E. Neef 1950.

54 Bobek 1966.

55 Berry und Garrison 1958c.

56 Denecke 1973.

57 Gustafsson 1973.

58 Gustafsson 1973.

59 Meynen, Klöpffer und Körber 1957.

einer Hyperbel. Nach Zipf wird dieser Zusammenhang als *Zipfsches Gesetz* bezeichnet.⁶⁰ Mandelbrot hat zu einer besseren Anpassung an die extremen Ränge eine Modifikation des Zipfschen Gesetzes vorgeschlagen und interpretiert derartige Verteilungen als Hinweis auf Selbstähnlichkeit.⁶¹ Arlinghaus stellt in diesem Kontext einen direkten Zusammenhang mit Christallers Zentralortmodell her.⁶²

2.1.2 Archäologie

Angelsächsische Schule

Die Rezeption der zentralörtliche Theorie in der Archäologie setzte in den 1960er Jahren in England, genauer gesagt in Cambridge ein. Hier trafen der quantitativ arbeitende und vor allem an Standorttheorie interessiert Geograph Haggett und der Archäologe Clarke aufeinander. Im Zuge der sehr fruchtbaren Diskussionen fand die zentralörtliche Theorie Eingang in die Archäologie.⁶³ Clarke vermittelte die Theorie zentraler Orte an seine Schüler und Kollegen. Im Mittelpunkt des Interesses der angelsächsischen Zentralortforschung in der Archäologie standen die Territorien, die vornehmlich mit der Hilfe von Thiessenpolygonen untersucht wurden (Abb. 5).⁶⁴ Die Optimierung der Siedlungsstruktur anhand unterschiedlicher Parameter, wie sie das Konzept der K-Werte impliziert und für die Raumplanung wichtig sind, wurden kaum thematisiert. Hierin kommt eine Anpassung der Theorie an archäologische Fragestellungen zum Ausdruck. Hodder⁶⁵ jedoch berücksichtigt Modelle mit unterschiedlichen K-Werten und bildet damit eine Ausnahme. Die einfache Berechnung von Thiessenpolygonen mit gängigen GIS-Programmen führte dazu, dass diese Methode trotz Kritik auch heute noch weit verbreitet ist.⁶⁶ Im angelsächsischen Sprachraum verlor die zentralörtliche Theorie mit dem Aufkommen postprozessualer Ansätze zunehmend an Bedeutung.

Härke wendet in seiner Analyse der Siedlungsstrukturen der Westhallstattkultur die Methode der Thiessenpolygone an (Abb. 6–7).⁶⁷ Die Territorien der Fürstensitze sieht Härke allerdings als zweigliedrig Struktur. Im unmittelbaren Umfeld der Fürstensitze liegt das durch Fürstengräber gekennzeichnete Kernterritorium, das durch Höhenburgen abgegrenzt sein kann. Auch für die Abgrenzung der äußeren Territorien nahm Härke Höhenbefestigungen an. Härke, der in Göttingen promovierte wird aufgrund seiner Studienzeit in Oxford, in der die Arbeit zu Siedlungsstrukturen entstand,

60 Zipf 1949. – Siehe unten u. vgl. hierzu auch Arlinghaus 1985; Clauset, Shalizi und Newman 2005; Mandelbrot 1953; Mandelbrot 1963; Mandelbrot 1997; Mandelbrot 2003; Mandelbrot 2009; Mitzenmacher 2003; Newman 2006; Semboloni 2008; Simon 1955.

61 Mandelbrot 1953, 491.

62 Arlinghaus 1985.

63 Clarke 1968.

64 Clarke 1968, 113–115; Cunliffe 1974, 262; Härke 1979; Hodder 1972; Hodder 1977; Renfrew 1973, 545.

65 Hodder 1972.

66 Wheatley und Gillings 2002, 149–151.

67 Härke 1979; Härke 1983.

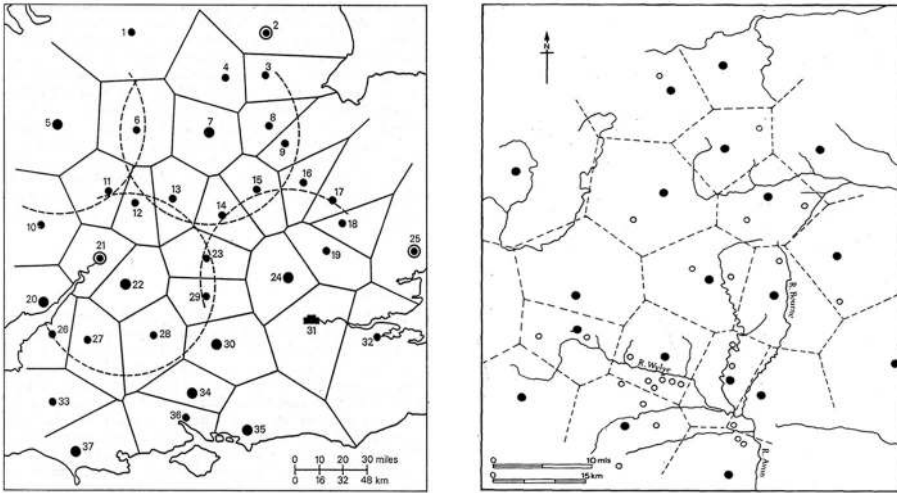


Abb. 5 Thiessenpolygone nach Hodder und Cunliffe.

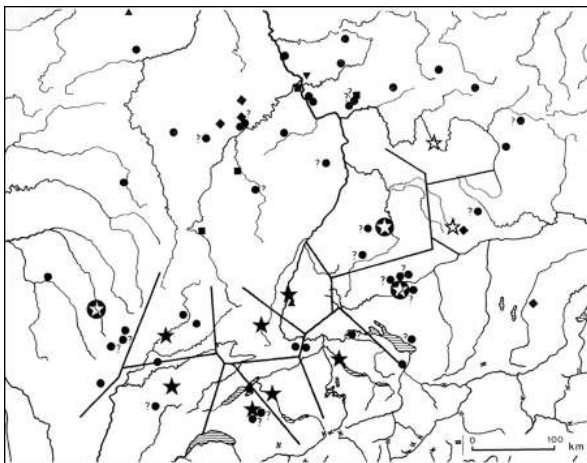


Abb. 6 Thiessenpolygone der Fürstensitze nach Härke.

der angelsächsischen Schule zugerechnet. Einerseits ist der Einfluss Cunliffs in dieser Arbeit spürbar, während andererseits die Anbindung an Konzepte aus dem deutschsprachigen Raum fehlt.

Eine kritische Auseinandersetzung mit der zentralörtlichen Theorie ist bei Collis zu finden.⁶⁸ Er stellte dem christallerschen Konzept weitere Siedlungsstrukturen an die Seite und widmete sich ihrer Genese. Ökonomische Überlegungen spielen hierbei in

68 Collis 1984; Collis 2010.

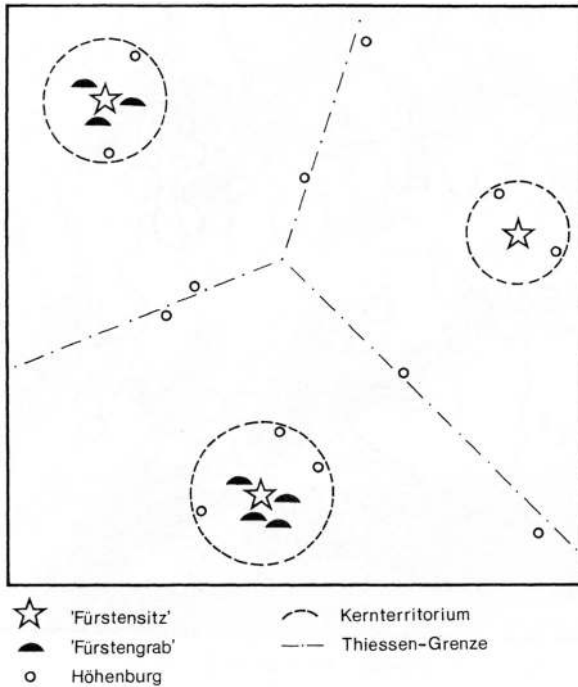


Abb. 7 Schema der Territorien nach Härke.

Verbindung mit soziologischen Aspekten eine große Rolle und heben die Arbeiten von Collis von einer reinen Strukturbetrachtung ab und zeigen die hohe Komplexität der Prozesse (Abb. 8). Seine Überlegungen gelten hauptsächlich der Entstehung der eisenzeitlichen Oppida.

Skandinavische Schule

Angeregt durch die angelsächsische Forschung wurde die zentralörtliche Theorie vereinzelt in den 1970er Jahren in Skandinavien aufgegriffen.⁶⁹ In dieser Zeit ging der Schwerpunkt der Forschung von Materialstudien allmählich zu Regionalstudien über. Im Laufe der Zeit zeigt sich, dass bestimmten Orten eine besondere Bedeutung für das Verständnis der Siedlungsstruktur zukommt. Die Diskussionen im Rahmen einer Tagung auf Sandbjerg Slot 1989 führten dazu, die zentralörtliche Theorie als ein nützliches Werkzeug für die Erforschung dieser Orte einzuschätzen.⁷⁰ Während der 1990er Jahre und in der ersten Hälfte des folgenden Jahrzehnts hatte die skandinavische Zentralortforschung ihre Blüte. Zunächst ergab sich ausgehend von bekannten Fundstellen wie

69 Myhre 1978; Myhre 1987.

70 Fabeck und J. Ringtved 1991.

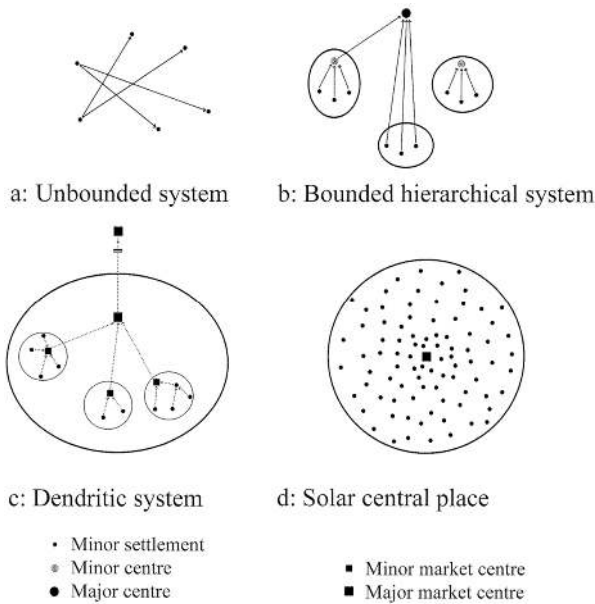


Abb. 8 Nichthierarchische und monopolistische Siedlungssysteme nach Collis und Smith.

Gudme die Fragestellung, wie derartige Orte identifiziert und charakterisiert werden können.⁷¹ Wichtige Charakteristika waren hierbei Prestigefunde und -befunde, Importe und kulturelle Aspekte sowie Toponyme. Als Beispiele können Hallen,⁷² Bootshäuser,⁷³ Rundsiedlungen,⁷⁴ Metallfunde, die vor allem mit der Hilfe von Metalldetektoren aufgefunden werden⁷⁵ und onomastische Zeugnisse⁷⁶ genannt werden.

Zunächst war es sicher das auf Fünen gelegene Gudme, das nach Aufkommen der zentralörtlichen Theorie als Motor der Zentralortforschung in Skandinavien diente.⁷⁷ War die kaiserzeitliche Fundstelle schon seit dem 19. Jahrhundert Gegenstand archäologischer Forschung, intensivierte sich diese in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts. Depotfunde, zahlreiche Gold- und Importfunde, ein Befund einer Halle, ein großes Gräberfeld und der zugeordnete Hafentort Lundeborg unterstreichen die Bedeutung Gudmes. Ende der 1990er Jahre übernahm das in Schonen gelegene Uppåkra die Rolle als Impulsgeber der Zentralortforschung (Abb. 9).⁷⁸ Das von der römischen Kaiserzeit bis in die Wikingerzeit genutzte Uppåkra lieferte neben zahlreichen Importfunden und Produktionshinweisen Befunde eines Kulthauses.

71 Nielsen 1994; Thrane 1994.

72 Herschend 1993a; Herschend 1993b.

73 Grimm 2006.

74 Grimm 2010b.

75 Hårdh und Larsson 2002; Stjernquist 2003; von Carnap-Bornheim 2007.

76 Brink 1996.

77 Nielsen 1994; Thrane 1994.

78 Hårdh und Larsson 2002; Hårdh 2010; Jørgensen 2010.

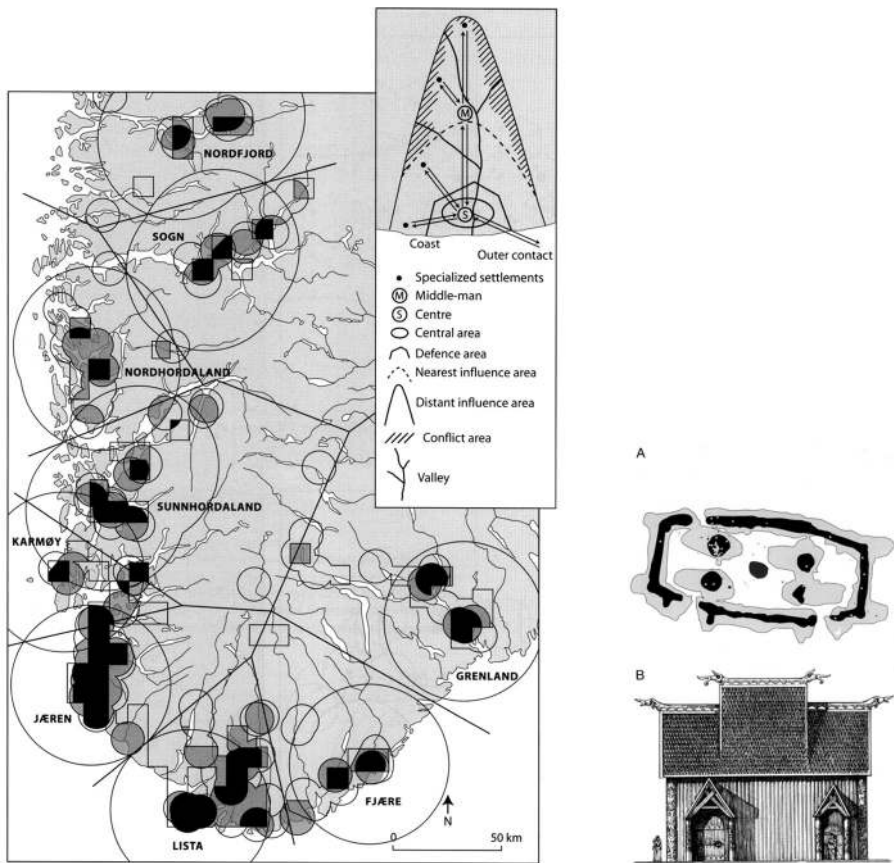


Abb. 9 Territorien zentraler Orte nach Myhre und das Kulthaus von Uppåkra.

Die Korrelation der Lage zentraler Orte mit der Siedlungsdichte und mit naturräumlichen Faktoren ist eine wesentliche Grundlage der Interpretation von Siedlungsstrukturen.⁷⁹ Gelegentlich kann aufgrund der im wesentlichen naturräumlich bedingten Zentralität hervorgehobener Siedlungen eine Konstanz der Strukturen postuliert werden.⁸⁰ Ein weiterer Themenschwerpunkt ist die Rekonstruktion der Siedlungshierarchien, die meistens auf einer prädefinierten, dreistufigen Klassifikation archäologischer Indikatoren basiert, wie sie von Fabech vorgeschlagen wurde (Abb. 10–11).⁸¹

79 Fabech 1993.

80 Grimm 2009.

81 Fabech 1995.



Abb. 10 Zentralorte in Schonen nach Fabech.

Wenngleich ein materialorientierter Ansatz in Nordeuropa sehr verbreitet ist, finden sich doch auch theoretische Arbeiten zum Zentralortbegriff. So analysiert Hansen fünf skandinavische Zentralorttheorien:⁸²

1. Fabech und Ringtved:⁸³ Drei vordefinierte Siedlungshierarchieniveaus werden anhand archäologischen Fundmaterials charakterisiert. Diese Einteilung wird auf der Grundlage des Wissens, das für die Produktion der Gegenstände notwendig ist getroffen. Der Spezialisierungsgrad der Handwerker ist also der Parameter, der die Rangfolge bestimmt.
2. Watt:⁸⁴ Die Siedlungshierarchie gleicht jener von Fabech und Ringtved. Die Niveaus werden allerdings etwas anders definiert. Das erste Niveau umfasst das normale Fundmaterial. Das zweite Niveau lässt sich aus Funden erschließen, die Handwerk indizieren und das dritte Niveau betrifft außergewöhnliche Funde.
3. Andersson:⁸⁵ Die Zentren werden als Produktionsstätten aufgefasst. Auf der Basis der Analyse von Goldfunden werden die Herstellungsorte ermittelt und entsprechend als Zentralorte interpretiert.

82 A. S. Hansen 2003.

83 Fabech und J. Ringtved 1991.

84 Watt 1991.

85 Andersson 1991.

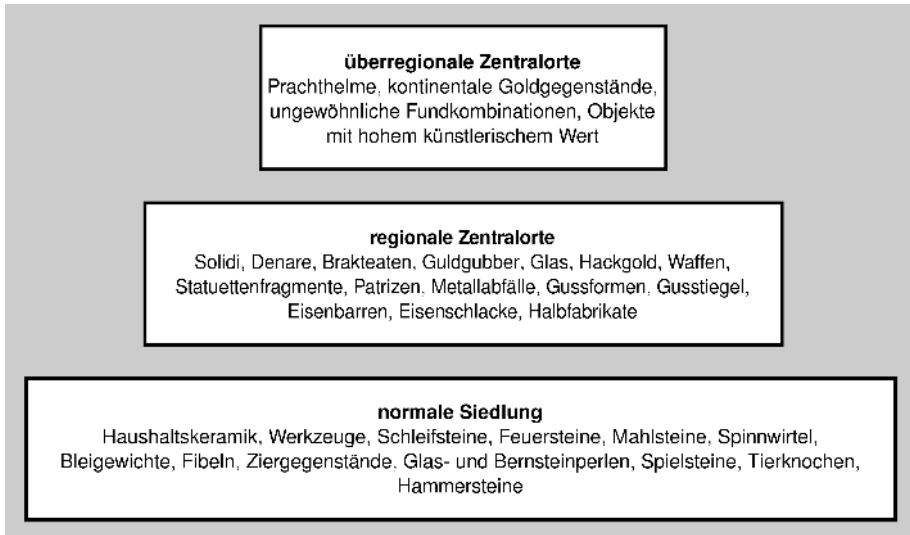


Abb. 11 Prädeterminierte Hierarchie zentraler Orte nach Fabech u. Ringtved.

4. Helgesson:⁸⁶ Hier wird nicht von einer Hierarchie ausgegangen, sondern angenommen, dass vier Aspekte die Zentralorte bestimmten. Diese Aspekte sind Phänomene, Funktionen, Lokalisationen und Personen.
5. Näsman:⁸⁷ Näsman versucht das Problem der Zentralität zu differenzieren und stellt die Fragen: Zentrum in was? und Zentrum wodurch?

Hansen kommt zu dem Schluss, dass lediglich die ersten beiden Konzepte substitutiv sind, alle anderen hingegen komplementär. Damit ergeben sie erst gemeinsam ein vollständiges Bild und sollten für unterschiedliche Aspekte der Zentralität gezielt und ergänzend angewendet werden.

Spezialisierte Landeplätze konnte Ulriksen als eine besondere Art zentraler Orte darstellen und für Dänemark untersuchen.⁸⁸ Sie sind auf den Seehandel konzentriert und besitzen eine geringere Anbindung an agrarische Aktivitäten. Landeplätze sind an schiffbaren Gewässern gelegen und liefern an Funden insbesondere Importe. Eine Versorgung des Umlandes ist meistens nicht gegeben. Vielmehr handelt es sich um Stationen entlang weiträumiger Verkehrswege.

Den spezialisierten Landeplätzen kann für Norwegen die Ringsiedlung als weiterer Idealtyp gegenüber gestellt werden, die Grimm als charakteristische Siedlungsform zen-

⁸⁶ Helgesson 1998.

⁸⁸ Ulriksen 1998.

⁸⁷ Näsman 1998.

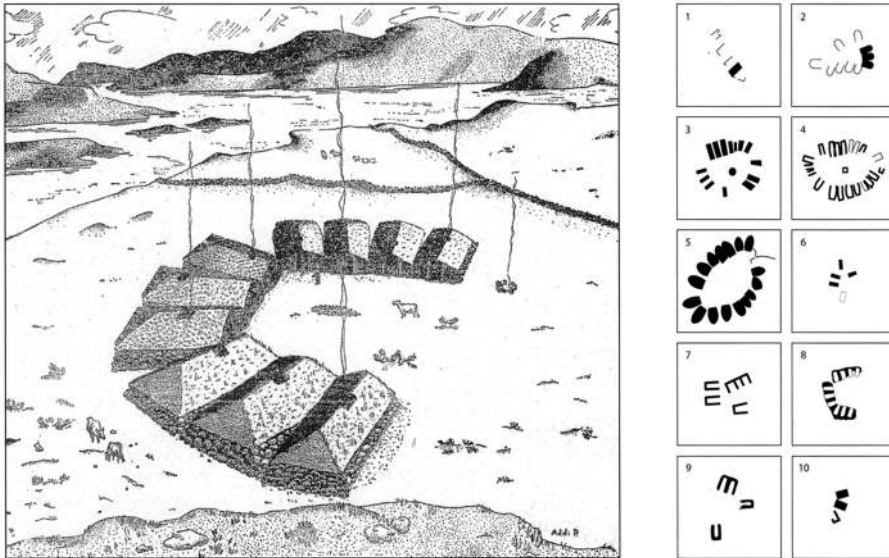


Abb. 12 Ringsiedlungen der römischen Kaiserzeit in Norwegen nach Grimm.

traler Orte Norwegens in der römischen Kaiserzeit herausgearbeitet hat.⁸⁹ Diese Siedlungen zeichnen sich dadurch aus, dass mehrere Gebäude ring- oder halbkreisförmig um einen Hof angeordnet sind (Abb. 12). Prestigefunde oder größere Höfe im Umfeld indizieren Zentralität. Man wird hier jedoch eher an Schutz, Herrschaft oder Kult denken als an Handel.

In jüngerer Zeit werden, wie in der Geographie vor allem Netzwerkmodelle diskutiert. Sindbæk fasst die wikingerzeitlichen Handelsplätze als Knoten eines Netzwerkes auf.⁹⁰ Er setzt Handelsgüter in Bezug zum ergrabenen Volumen und verwendet Indikatoren für Produktion zur Charakterisierung der Handelsplätze. Auf dieser Basis kommt er zu dem Schluss, dass es nur sehr wenige herausgehobene Ort gibt, die er als Hubs bezeichnet. Diese Netzwerkknoten sind so lokalisiert, dass sie im Netzwerk eine strategische Rolle spielen können. Sindbæk greift hierbei die Unterscheidung zwischen strategischen Zentren in einem Netzwerk und Zentren im Sinne Christallers von Hohenberg und Lees auf.⁹¹

Ein weiterer Interpretationsansatz ist jener der Heterarchie.⁹² Becker erwägt Heterarchien als Alternative zur Theorie der zentralen Orte für die Interpretation der Verbreitung der herausragenden Siedlungsstellen in Nordwest-Schonen.⁹³ Sie nimmt an,

89 Grimm 2010b.

90 Sindbæk 2007; Sindbæk 2009.

91 Hohenberg und Lees 1996.

92 Vgl. Crumley 1995; Crumley 2005.

93 N. Becker 2005.

dass es in einem Territorium mehrere gleichrangige Zentren gab, die bestimmte Funktionen erfüllten. In der Terminologie der vorliegenden Arbeit sind dies Polyzentren.

Deutsche Schule

In Deutschland wurde die zentralörtlichen Theorie für archäologienahe Fragestellungen um 1970 durch die historische Geographie aufgegriffen.⁹⁴ Eine Anwendung in der Archäologie diskutierte Denecke,⁹⁵ der jedoch eher skeptisch war. Er erarbeitete zehn zentralörtliche Funktionen (Abb. 13–14), die auf historische und teilweise auch auf prähistorische Epochen angewendet werden können. Eine umfassende Rezeption dieser Arbeit blieb in den folgenden Jahren zunächst aus. Kunow lenkte im Rahmen einer Beschreibung der römischen Zentralorte der *Germania inferior* das Interesse Ende der 1980er Jahre erneut auf die zentralörtlichen Theorie.⁹⁶

Gringmuth-Dallmer, der sich schon 1983 mit der zentralörtlichen Theorie beschäftigte, gelang es 1996, dieser zum Durchbruch zu verhelfen. Die unterschiedlichen Einflüsse auf die deutsche Zentralortforschung sind deutlich. Einerseits ist der Traditionsstrang Christaller – Denecke – Gringmuth-Dallmer klar erkennbar.⁹⁷ Andererseits spielt in Norddeutschland die skandinavische Variante der Zentralortforschung eine dominante Rolle.⁹⁸ Ein deutlicher Indikator hierfür, der auch die Distanz zur christallerschen Theorie anzeigt, ist die Rückübersetzung von ‚central place‘ und ‚central place‘ in ‚Zentralplatz‘; anstatt des christallerschen Begriffes ‚Zentralort‘. Bedenkt man, dass der Begriff ‚Zentralplatz‘ gemeinhin für Plätze im Stadtmittelpunkt verwendet wird, so ist diese Übersetzung sehr unglücklich. In jüngerer Zeit hat eine Auseinandersetzung mit der Netzwerkzentralität begonnen, wobei die Komplementarität von christallerscher Theorie und Netzwerktheorie herausgestellt wird.⁹⁹

Wehner sieht den Ansatz von Gringmuth-Dallmer kritisch.¹⁰⁰ Die Identifikation und Quantifizierung der zentralen Funktionen ist in der Praxis eher problematisch, so dass Wehner die Analyse zentraler Orte auf der Basis der Rang-Größen-Regel vorzieht. Nichts desto trotz versucht er eine Zuweisung zentraler Funktionen für das Umfeld des slawischen Zentralortes Wollin an der Odermündung (Abb. 15–16).

Bleile sieht die herausragende Bedeutung zentraler Orte in ihrem Zusammenhang mit dem Verkehr.¹⁰¹ Dementsprechend führt er eine zentrale Funktion des ‚Verkehrs‘ ein. Empirisch basiert diese Auffassung auf der Beobachtung, dass Zentralorte an Knotenpunkten sich kreuzender Verkehrswege liegen und oft unterschiedliche Transport-

94 Fehn 1970; Blotevogel 1975.

95 Denecke 1973.

96 Kunow 1988.

97 Z. B. Krause 2004; Krause und Nakoinz 2000; Posluschny 2010; Posluschny 2012; Wehner 2007.

98 Jöns 2002; Segsneider 2002; Dobat 2001.

99 U. Müller 2009.

100 Wehner 2007; Wehner 2010.

101 Bleile 2008.

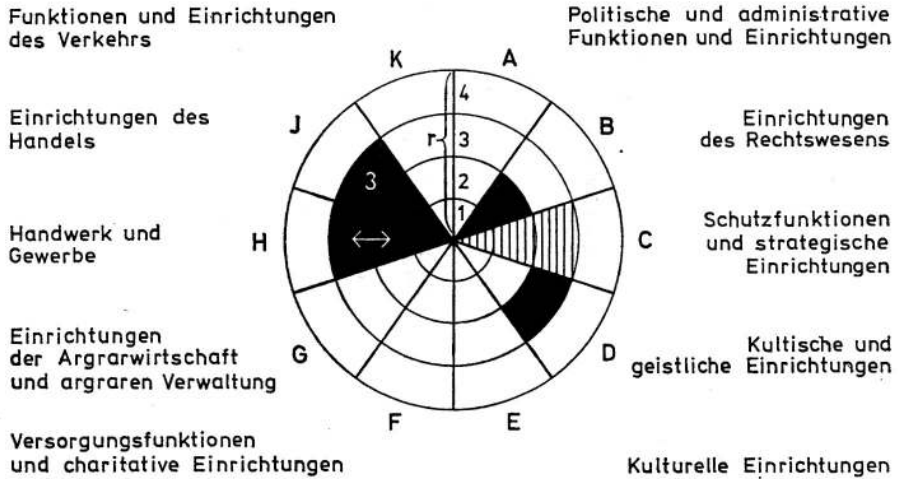


Abb. 13 Zentrale Funktionen von Siedlungszentren nach Denecke.

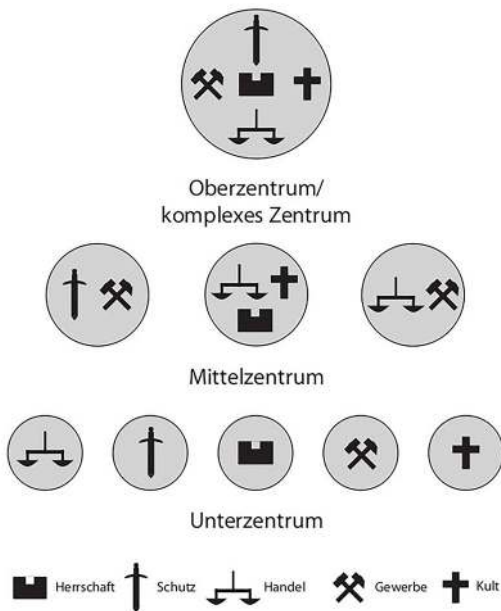


Abb. 14 Hierarchie von Siedlungszentren nach Wehner.

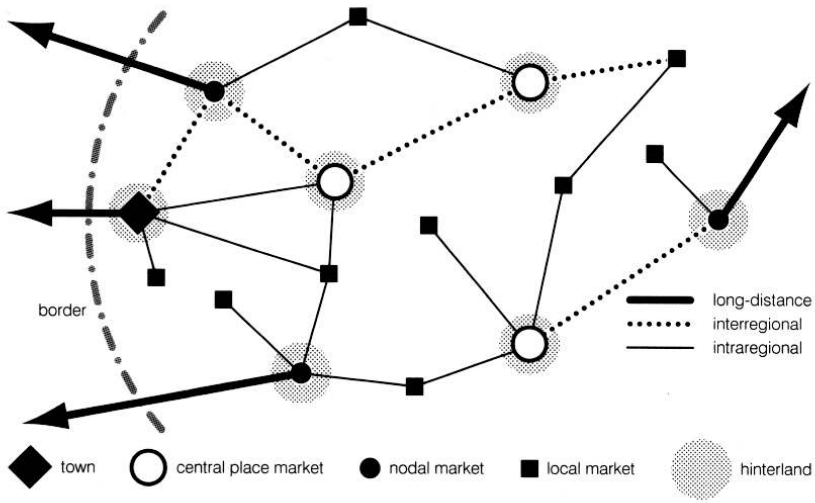


Abb. 15 Zentralorte und Netzwerke nach Wehner.

mittel miteinander verbinden. So erweisen sich Orte, die an Flussquerungen liegen und einen Hafen besitzen als sehr günstig.

Grimm ist forschungsgeschichtlich an der Grenze der deutschen und der skandinavischen Schule anzusiedeln und mit seiner Arbeit zu Ringsiedlungen schon dort aufgeführt. Er konzentriert sein Interesse auf langlebige Strukturen.¹⁰² Insbesondere in Norwegen ist die naturräumliche Standortdeterminierung zentraler Orte sehr deutlich, so dass sie eine hohe Kontinuität aufweisen.

Einen Ansatz zur Erklärung zentraler Orte, der auf der *New Economic Geographie* basiert verfolgt Windler.¹⁰³ Er simuliert auf der Grundlage ökonomischer Überlegungen das Siedlungswachstum. Die Transportkosten sind hier der bestimmende Faktor, der in den Simulationen variiert wird. Ein Vergleich der Ergebnisse mit der Siedlungsstruktur der älteren Eisenzeit in Baden-Württemberg, der Tripolye-Kultur und der Frühbronzezeit in der Ostägäis erlaubt die Simulationskonfiguration auszuwählen, die am besten an die empirischen Daten angepasst ist. Hierbei bestätigt sich für die hallstattzeitlichen Fürstensitze die Bedeutung der Transportkosten.

Quantitative Analysen zur Zentralität bilden neben dem Traditionsstrang, der auf Christaller zurückgeht, und der skandinavischen Impulsen zu verdankenden Zentralortforschung die dritte Fazette der deutschen Schule. Hennig und Lucianu prüfen auf

102 Grimm 2010c.

103 Windler 2018.

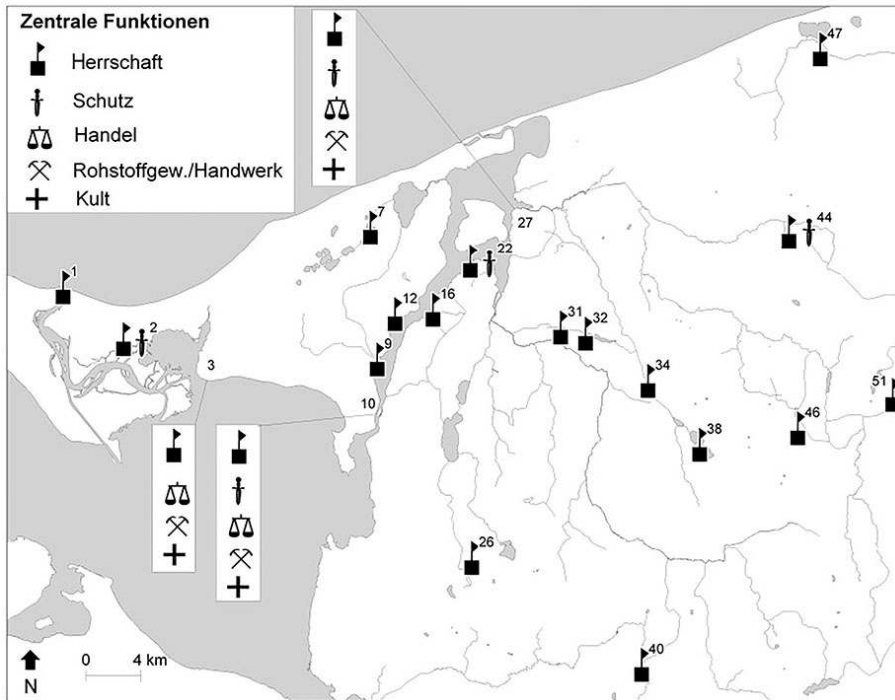


Abb. 16 Zentrale Funktionen im Umfeld von Wollin in spätslawischer Zeit nach Wehner.

Grundlage der Verteilung der Anzahl von Grabhügeln in halltattzeitlichen Gräberfeldern die Voraussetzungen hierarchischer Strukturen.¹⁰⁴ Das Ergebnis zeigt einen deutlichen Zusammenhang mit dem Gesetz von Zipf-Mandelbrot und weist demnach auf Hierarchien hin. Müller-Scheeßel folgt diesem Ansatz für ein größeres Arbeitsgebiet und erzielt die gleichen Ergebnisse.¹⁰⁵ Ergänzend hierzu nutzt Müller-Scheeßel einen Test auf räumliche Autokorrelation um zu verifizieren, dass auch die Verteilung der Gräberfeldgrößen auf hierarchische Strukturen hinweist.

Müller-Wille und Steuer haben forschungsgeschichtliche Überblicke zur archäologischen Zentralortforschung vorgelegt, denen weitere Details zu entnehmen sind.¹⁰⁶

Archäologische Zentralortforschung in anderen Gebieten

Neben den drei genannten Schulen der Zentralortforschung sind weitere Untersuchungen zu nennen. Es wäre etwas übertrieben von einer französischen Schule der Zentralortforschung zu sprechen, aber auch wenn hier die Zentralortforschung kein Paradigma

104 Hennig und Lucianu 2000.

106 Müller-Wille 2010; Steuer 2007.

105 Müller-Scheeßel 2007.

darstellt, so erbrachte die französische Forschung doch sehr innovative Arbeiten. Einige Beispiele der französischen Zentralortforschung sollen hier aufgeführt werden.

Die Arbeit von Mangin ist durch Denecke angeregt und klassifiziert die gallorömischen Siedlungen des Franche-Comté anhand der Größe und der zentralen Funktionen.¹⁰⁷

Brun setzt sich mit der zentralörtlichen Theorie zunächst auf der Basis der angelsächsischen Schule auseinander.¹⁰⁸ Er glaubt Regelabstände zwischen den hallstattzeitlichen Fürstensitzen beobachten zu können und schließt hiervon auf eine entsprechende Territorialität. Später bespricht er unterschiedliche räumliche Organisationsmodelle, wobei auch Siedlungshierarchien und Zentralität thematisiert werden.

Chaume fasst den Mont Lassois als Zentralort im Sinne Christallers auf.¹⁰⁹ Den Fürstensitz interpretierte er als Herrschaftssitz, dem ein bestimmtes Territorium zugeordnet ist. Die Territorien bestehen aus drei konzentrischen Zonen. Im inneren Kreis mit einem Durchmesser von 6 bis 10 km befindet sich der Bereich der reichen Gräber. In einem Kreis von 25 km Durchmesser ist die primäre Wirtschaftszone angesiedelt. Das Gesamtterritorium wird durch einen Kreis von 50 km Durchmesser begrenzt. Im Zusammenhang mit den Territorien griff Chaume auf das Konzept der zentralen Orte zurück, während der Ansatz der Ringe zunächst eher an v. Thünen erinnert. Die Impulse der Zentralortforschung nimmt Chaume, wie auch Brun aus der angelsächsischen Schule auf.

Nuninger untersucht in einer diachronen Studie die Siedlungsstrukturen im Languedoc.¹¹⁰ Im Fokus ihres Interesses stehen hierbei die Siedlungshierarchien. Eine größenbasierte Rangordnung der Siedlungen dient als Grundlage zur distanzbasierten Modellierung der Zuordnungen.

Olivier und Wirtz führen eine Analyse der Grabhügelgröße einzelner Nekropolen durch und leiten hieraus lokale Hierarchien ab.¹¹¹ Olivier, Wirtz und Triboulot gehen einen Schritt weiter und nutzen statt dessen die Information nach Shannon auf Grundlage der Grabbeigaben.¹¹² Zudem untersuchen sie die Voraussetzungen hierarchischer Strukturen durch den Nachweis des Vorliegens von Zipf-beziehungsweise Paretoverteilungen.¹¹³

Ergänzend zur französischen Zentralortforschung seien noch drei weitere Beispiele aufgeführt. Zunächst ist die amerikanische Archäologie zu nennen, die sich ebenfalls mit der zentralörtlichen Modellen beschäftigt. Neben der Anwendung auf Fragen der Stadtentwicklung¹¹⁴ sind zentralörtliche Modelle im Zusammenhang mit Strategien

107 Mangin 1987.

108 Brun 1988; Brun 2002; Brun 2006.

109 Chaume 2001.

110 Nuninger [unpubliziert]; Nuninger u. a. 2006.

111 Olivier und Wirtz 1993.

112 Olivier, Wirtz und Triboulot 2002.

113 Vgl. Hennig und Lucianu 2000.

114 Johnson 1972; Pollard 1980.

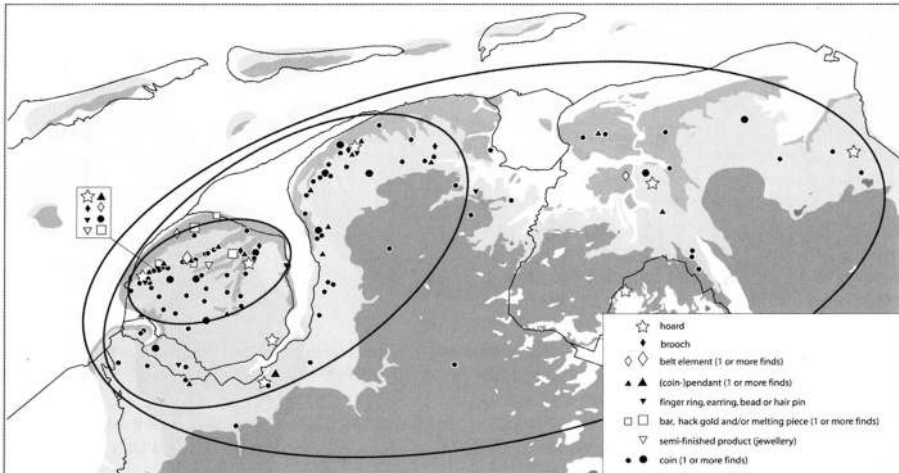


Abb. 17 Die zentrale Region in Friesland nach Nicolay.

der Nahrungssuche besonders interessant.¹¹⁵ Neben zentralörtlichen Konzepten werden schon früh Modelle zur Netzwerkzentralität aufgegriffen,¹¹⁶ wobei auf eine geographische Basis¹¹⁷ und nicht, wie bei jüngeren Arbeiten, auf eine soziologische Basis aufgebaut wird.

Salač untersuchte böhmischen Oppida der jüngeren Eisenzeit und stellte vor allem die Handelskontakte heraus, die durch Importfunde wie Saproplitartefakte, Mahlsteine oder Glasgegenstände und Keramikgefäße angezeigt werden.¹¹⁸ Salač versteht die Siedlungshierarchie als Hinweise auf ausgeprägte Arbeitsteilung, die alle Siedlungen einband, also das unabhängige Existieren einzelner Siedlungen verhinderte. Die Rolle der Elite besteht folglich vor allem darin, die nötigen Kontakte herzustellen und zu kontrollieren. Die Gegenüberstellung von Bergoppida, die keine Hinweise auf Produktion liefern, aber in ein Fernhandelsnetz eingebunden sind, und Taloppida, die Produktionszentren waren, sind ein eindrucksvoller Beleg für die parallele Existenz unterschiedlicher Typen von Zentralorten.

In manchen Arbeiten werden Komponenten oder Methoden der Zentralortforschung genutzt ohne jedoch auf die Theorie zu verweisen. Hierbei werden mitunter bewusst Implikationen der Theorie vermieden. Im Fall der Abgrenzung von Siedlungsbereichen mit Voronoi-Graphen wird das Zentrum in gewissem Sinne implizit als Zentralort interpretiert. Da im Fall von einfachen Siedlungen keine Prestigefunde vorliegen,

115 Bettinger, Malhi und McCarthy 1997; Bird und Bliege Bird 1997.

116 Hirth 1978.

117 Burghardt 1971.

118 Salač 2002; Salač 2004; Salač 2009.

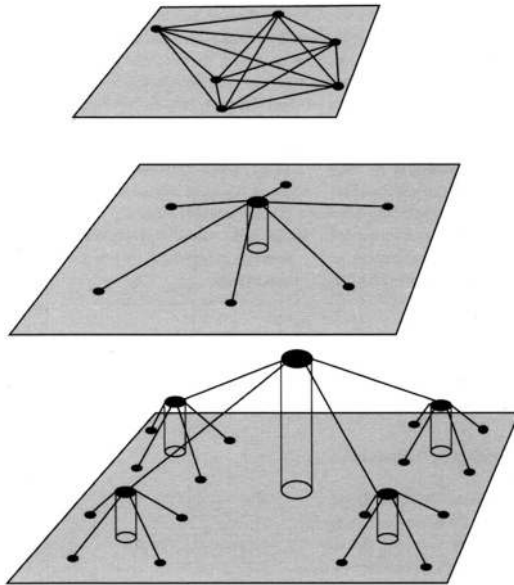


Abb. 18 Siedlungsstrukturen in Friesland nach Brun.

wird der Begriff Zentralort jedoch eher gemieden. Als Beispiel kann die Untersuchung zu Siedlungsstrukturen von Przybyła und Blajer dienen.¹¹⁹

Nicht immer lassen sich zentrale Orte eindeutig von ihrem Umland abheben (Abb. 17–18). Nicolay spricht in Friesland von einer ‚zentralen Region‘, die sich durch die Statussymbole auszeichnet, die gemeinhin als Zentralortindikatoren verwendet werden.¹²⁰ Dies wird man allerdings kaum als Notlösung, sonder vielmehr als Verallgemeinerung des Zentralortkonzeptes ansehen dürfen.

2.1.3 Facetten der archäologischen Zentralortforschung

Es zeigt sich, dass die verschiedenen Forschungstraditionen sich deutlich unterscheiden. Es werden jeweils andere Fragestellungen thematisiert und Methoden angewendet. Ausgehend von dieser Beobachtung konnten verschiedene, sich ergänzende Facetten der auf einem christallerschen Zentralortbegriff aufbauenden archäologischen Zentralortforschung erarbeitet werden (Abb. 19).¹²¹ Erst gemeinsam ergeben diese fünf Facetten ein vollständiges Bild der Zentralität (Abb. 19). Anders jedoch als Hansens Gliederung in komplementäre Ansätze¹²² wird nicht von forschungsgeschichtlich gegebenen Theo-

119 Przybyła und Blajer 2008.

120 Grimm 2010a.

121 Nakoinz 2009b; Nakoinz 2013a.

122 A. S. Hansen 2003.

rien ausgegangen, sondern von unterschiedlichen Fragestellungen beziehungsweise Forschungsgegenständen.

1. Identifikation zentraler Orte. Zunächst geht es darum Zentralorte zu erkennen. Dies stellt eine erste Annäherung an den Forschungsgegenstand dar. Später wird die dichotome Klassifikation in Zentralorte und Nichtzentralorte zugunsten der Angabe eines Zentralitätsgrades aufgegeben. Im Wesentlichen sind zwei Ansätze der Identifikation üblich. Es können Prestigefunde und -befunde, sowie Kultgegenstände und Produktionshinweise als Indikatoren verwendet werden. Eine Liste der archäologischer Indikatoren für Nordeuropa beinhaltet unter anderem Hallen, Bootshäuser, Edelmetalle, Brakteaten und spezifische Toponyme.¹²³ Ebenso ist es möglich das Vorliegen zentralörtlicher Funktionen zu betrachten.¹²⁴ Letztlich sind die zugrunde liegenden archäologischen Funde die gleichen. Die Gewichtung und damit der Zentralitätsgrad können sich jedoch deutlich unterscheiden.

2. Territorien zentraler Orte. Da die zentralörtliche Theorie besagt, das zentrale Orte Güter beziehungsweise zentrale Funktionen für ein Ergänzungsgebiet beziehungsweise Territorium zur Verfügung stellen, ist die Kenntnis des Territoriums essentiell. Methodisch ist zwischen der Konstruktion von Idealterritorien und der Rekonstruktion von Realtterritorien zu unterscheiden.¹²⁵ Idealtterritorien werden anhand gegebener Daten so konstruiert, dass ein Parameter optimiert, also beispielsweise minimiert wird. Thiessen- oder Voronoipolygone¹²⁶ sind ein übliches Verfahren, das eine Distanzminimierung des Zentrums zu den Grenzen durchführt. Die Fläche könnte von gegebenen Zentralorten also optimal versorgt werden. Verbesserungen sind die Berücksichtigung des Reliefs¹²⁷ und die Gewichtung der Zentralorte, wie sie etwa im X-Tent-Modell¹²⁸ oder Modell der Marktareale¹²⁹ erfolgt. In jedem Fall aber muss man sich bewusst sein, dass nur ermittelt wurde, wie der Grenzverlauf sinnvoll wäre, nicht wie der tatsächlich war. Letzteres wird durch die Rekonstruktion von Realtterritorien untersucht. Reale Grenzen lassen sich beispielsweise anhand von grenzindizierenden Monumenten wie Landwehren oder gelegentlich auch Grabmonumenten erkennen. Sind derartige Indikatoren nicht vorhanden, so kann die Untersuchung kultureller Räume weiterhelfen.¹³⁰ Von großem Interesse kann der Vergleich von Ideal- und Realtterritorien sein. So kann es möglich sein,

123 Fabech 1993; Fabech 1995.

124 Gringmuth-Dallmer 1996.

125 Nakoinz 2009b.

126 Cunliffe 1974, 261–262; Hodder und Orton 1976.

127 Nakoinz 2013a, 72–73.

128 Renfrew und Level 1979.

129 Fetter 1924.

130 Nakoinz 2005; Nakoinz 2009a; Nakoinz 2013a; Svanberg 1997.

das Modell der Idealterritorien zu kalibrieren und den optimierten Parameter zu identifizieren.

3. Hierarchien von Siedlungssystemen mit zentralen Orten. Es kann nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass alle Zentralorte gleichwertig sind. Die zentralörtliche Theorie sieht vielmehr eine hierarchische Staffelung, also eine Über- und Unterordnung vor. Zunächst kann man von archäologischen Indikatoren vordefinierter Hierarchieniveaus ausgehen. So haben Fabech und Ringtved eine dreistufige Hierarchie für Skandinavien vorgestellt,¹³¹ die teilweise als Standard betrachtet wird. Zu den Indikatoren der höchsten Ebene gehören beispielsweise Prachthelme und kontinentale Goldgegenstände. Hier wird schon deutlich, dass es nicht um die Unterscheidung von zentralen und nicht zentralen Siedlungen geht, sondern darum, für jede Siedlung den Grad ihrer Zentralität zu ermitteln. Ein weiterer Ansatz zur Hierarchiekonstruktion basiert auf der Anzahl der zentralen Funktionen. Gringmuth-Dallmer führt hierbei die drei klassischen, aus der Siedlungsgeographie bekannten Niveaus Oberzentrum, Mittelzentrum und Unterzentrum an.¹³² Die Oberzentren entsprechen hierbei seinen komplexen Zentren und weisen alle Funktionen auf. Die prädefinierten Hierarchien haben aber zwei wesentliche Nachteile. Sie sind unvollständig, da sie nur eine Rangfolge angeben, aber eine vollständige Hierarchie aus Rang- und Zuordnung besteht.¹³³ Sind die Territorialgrenzen und die Rangordnung bekannt, so kann die Zuordnung ermittelt werden.¹³⁴ Mit Hilfe der Dichtecusteranalyse kann diese jedoch auch aus der Siedlungsverteilung erschlossen werden.¹³⁵ Alle diese Methoden gehen von Monohierarchien aus. Es muss jedoch auch mit Polyhierarchien, also mit Mehrfachzuordnungen gerechnet werden. Hier kann die Untersuchung kultureller Räume helfen. Wenn Territorien sich als kulturelle Räume zu erkennen geben lässt sich möglicherweise eine Polyhierarchie kultureller Räume ermitteln. Das setzt jedoch ein Kulturkonzept voraus, das entsprechende Strukturen zulässt und nicht auf scharf abgegrenzte räumliche Einheiten oder Monohierarchien beschränkt ist.¹³⁶ Dieser Ansatz kann gegebenenfalls auch das zweite Problem der prädefinierten Hierarchien lösen. Es kann möglicherweise die Anzahl der Hierarchieniveaus empirisch ermittelt werden. Dieser Wert, der regional schwanken kann, ist eine nützliche Kennzahl für die Interpretation.

131 Fabech 1995.

132 Gringmuth-Dallmer 2011.

133 Vgl. Nuninger u. a. 2006.

134 Fabech 1993.

135 Herzog 2009.

136 Nakoinz 2013a.

4. Zentralisierungsprozesse. Der zeitliche Ablauf der Zentralisierung kann durch den Vergleich verschiedener Zeitscheiben erforscht werden. Aber auch synchrone Vergleiche können von Nutzen sein. So kann beispielsweise der Vergleich von Ideal- und Realtterritorien Hinweise zur Genese von Territorien liefern. Ein Vergleich von prozessspezifischen Parametern setzt die Erarbeitung elaborierter Zentralisierungsmodelle voraus.

5. Systemanalyse von Siedlungssystemen mit zentralen Orten. Schließlich gilt es zu erforschen, wie die Siedlungssysteme funktionieren. Welche Wechselwirkungen bestehen? Was geschieht, wenn bestimmte Parameter variiert werden? Wie sind funktionierende Siedlungsmodelle aufgebaut? Welche Modellparameter passen zu den empirischen Daten? Diese Fragen können mit einer kybernetisch orientierten Systemanalyse geklärt werden. Voraussetzung hierfür ist das Vorliegen geeigneter Daten. Hierbei muss es sich in der Regel um relationale Daten handeln, die zwei Orte miteinander in Beziehung setzen. Netzwerkanalysen, die auf der Graphentheorie basieren stellen gewissermaßen eine einfache Variante von Systemanalysen dar. Hier ist es beispielsweise möglich die Zentralität im Netzwerk zu berechnen.¹³⁷ Diese Werte geben aber nur dann Hinweise auf Zentralität im christallerschen Sinne wenn das Netzwerk der Organisationsstruktur der zentralörtlichen Theorie folgt. Dabei deutet sich an, dass es andere Organisationsstrukturen und andere Arten von Zentralität gibt, die der Christallerzentralität an die Seite gestellt werden können. Insbesondere die Netzwerkzentralität ist hier zu nennen. Im Rahmen der Systemanalyse können auch Simulationen wie etwa Agent Based Modelling genutzt werden.

2.2 Zweck der zentralörtlichen Theorie

Halten wir uns, bevor wir die Probleme ansprechen vor Augen zu welchem Zweck die zentralörtliche Theorie entwickelt wurde und verwendet wird. Zunächst ging es Christaller um die Erklärung warum sich Städte an spezifischen Orten zu bestimmten Größen entwickeln. Die Theorie sollte ein Modell liefern, das gewissermaßen die Entstehungsorte und Größe der Städte vorhersagt. Der Zentralitätsgrad und die Organisationsparameter, die k -Werte, sollten einen Vergleich von Städten und Siedlungsstrukturen ermöglichen. In Christallers Dissertation nur beiläufig erwähnt, im folgenden Jahrzehnt

137 Freeman 1978/1979; Koschützki, Lehmann, Peeters u. a. 2005; Koschützki, Lehmann, Tenfelde-Podehl u. a. 2005.

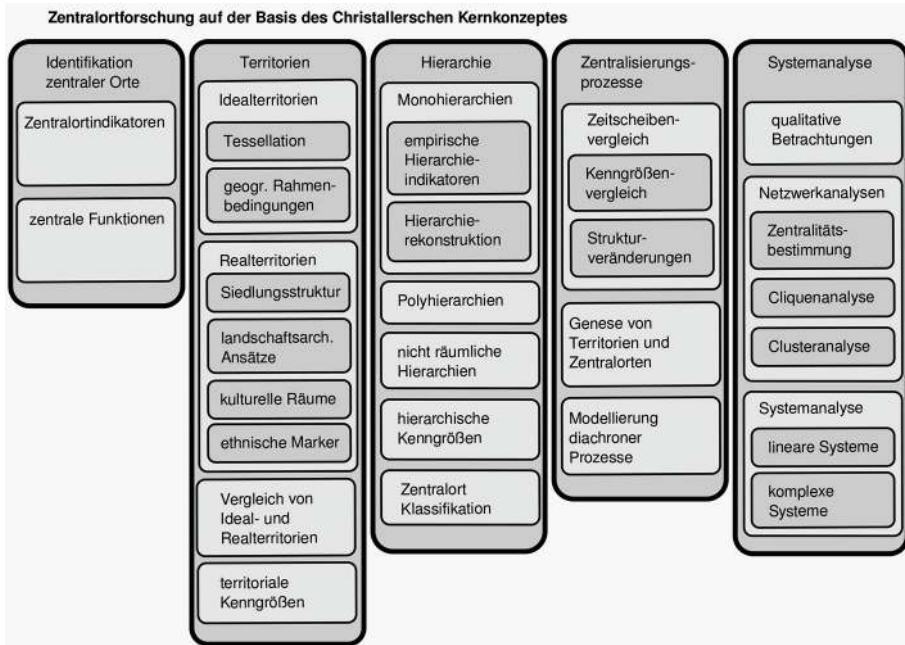


Abb. 19 Die fünf Facetten der archäologischen Zentralortforschung.

aber den Schwerpunkt seiner Arbeit bildend sollte die Theorie zur Planung von Siedlungssystemen eingesetzt werden können. Aus archäologischer Sicht soll die zentralörtliche Theorie in erster Linie den Vergleich von Siedlungen und Siedlungsstrukturen auf der Basis archäologischer Funde und die Identifikation besonders forschungsrelevanter Fundstellen ermöglichen. Zudem gibt die Theorie Hinweise darauf, welche Faktoren bei der Genese der betrachteten Siedlungsstrukturen eine Rolle gespielt haben.

Zusammenfassend lassen sich die primären Gründe zur Anwendung der zentralörtlichen Theorie in einem Satz formulieren: *Siedlungen sollen verglichen und Siedlungssysteme modelliert, verglichen und erklärt werden können.*

2.3 Die Probleme der zentralörtlichen Theorie

Gegenwärtig ist die zentralörtliche Theorie mit verschiedenen Problemen behaftet. Dass sie in der Geographie außer Mode ist, zählen wir nicht dazu, da vermeintliche Paradigmenwechsel zwar wissenschaftssoziologisch interessant, jedoch inhaltlich kaum relevant sind. Die Probleme, die überwiegend in den vorangegangenen Seiten schon thematisiert wurden, sollen hier noch einmal zusammengefasst werden:

1. Die zentralörtliche Theorie lässt sich nur bedingt mit Methoden der empirischen Forschung in der Archäologie und damit auf archäologische Daten anwenden.
2. Insbesondere liegen nur sehr wenige relationale Daten vor, die eine Beziehung von Zentrum und Peripherie oder andere Netzwerke abbilden können.
3. Die klassische Theorie zentraler Orte ist zu sehr am dritten Wirtschaftssektor orientiert.
4. Die zentralörtliche Theorie bildet eine spezielle Organisationsstruktur ab, die vorliegen kann, aber nicht vorliegen muss.
5. Der zentralörtlichen Theorie ist mit der Netzwerktheorie ein Konkurrent erwachsen, der alleinigen Anspruch auf eine adäquate Erklärung der betrachteten Phänomene erhebt.
6. Insbesondere in der Archäologie gibt es sehr unterschiedliche Interpretationen der zentralörtlichen Theorie, die jeweils nur einzelne Facetten betrachten.

3 Modifikation der Zentralitätstheorie

3.1 Lösungsweg

Die Lösung unserer Probleme ist verhältnismäßig einfach. Wir können uns beispielsweise an der zentralörtlichen Theorie selbst orientieren oder zahlreiche weitere Beispiele in unterschiedlichen Wissenschaften betrachten. Im Wesentlichen sind zwei Dinge zu tun:

1. Abstrahieren. Es gilt einen Parameter zu finden, mit dessen Hilfe sich die untersuchten Phänomene weitgehend abbilden lassen. Dieser Parameter muss abstrakt genug sein, um alle relevanten Fälle abzudecken und konkret genug, um empirische Analysen zu erlauben.
2. Integrieren. Es gilt mit Hilfe des gewählten Parameters eine Theorie zu formulieren, die alle konkurrierenden Theorien als Sonderfälle enthält und damit eine Metatheorie bildet.

Weitere Forderung ergeben sich auf erkenntnistheoretischer Basis:

1. Entsprechend Okhams Rasiermesser soll die Theorie möglichst einfach sein.¹³⁸
2. Nach Poppers „Logik der Forschung“ soll die Theorie einfach falsifizierbar sein.¹³⁹ Das betrifft mehrere Aspekte. Das Optimierungsmodell selbst soll zunächst deduktiv bewertet werden können. Diese Theorie ist dann richtig, wenn sie tatsächlich in einer Optimierung resultiert. Anhand empirischer Daten soll die Anwendung des Modells in der Praxis widerlegt werden können. Das gilt vor allem für die einzelnen Varianten, so, dass wir entscheiden können, ob die in der Theorie thematisierten Optimierungsprinzipien genutzt wurden und für welche Variante das gegebenenfalls zutrifft.

138 Kritisch hierzu Clarke 1978, 79–81.

139 Popper 1935.

Christaller selbst ist die meisten dieser Schritte gegangen, aus heutiger Sicht allerdings nicht weit genug, so dass seine Theorie einige Schwächen aufweist. Eine Tatsache, die jedoch leicht verzeihlich ist, wenn man den enormen Forschungsfortschritt der zentralörtlichen Theorie gegenüber älteren Ansätzen sieht, und fast selbstverständlich, wenn man einsieht, dass auch derartige Arbeiten einzelne Schritte in einem nicht terminierten Forschungsprozess darstellen. Für die Modifikation der Theorie gehen wir zunächst von folgenden drei Kritikpunkten aus:

1. Die zentralörtliche Theorie zeigt eine spezielle Organisationsstruktur auf und schöpft den Möglichkeitsraum der Organisationsstrukturen nicht aus. Sie kann dementsprechend nicht allen betrachteten Phänomenen als Metatheorie gerecht werden. Die zentralörtliche Theorie ist keine universelle Theorie, die als allgemeine Grundlage empirischer Untersuchungen verwendet werden kann. Sie ist viel mehr eine Theorie, die gewissermaßen eine spezielle Merkmalsausprägung der Variablen ‚Organisationsstruktur‘ beschreibt und erklärt.
2. Zentralität ist bei Christaller mit Termini wie beispielsweise ‚Bedeutungsüberschuss‘ unhandlich formuliert und führt gelegentlich zu Missverständnissen.
3. Die zentralörtliche Theorie bildet eine mäßige Grundlage für empirische Untersuchungen. Die Rang-Größen-Regel auf Grundlage der Bevölkerungszahlen als die bekannteste Anwendungen der zentralörtlichen Theorie besitzen keinen direkten Bezug zu dieser. Der Sachverhalt der Güterversorgung für ein Ergänzungsgebiet wird diesem Ansatz unzureichend und der Gedanke des Bedeutungsüberschusses gar nicht berücksichtigt. Die Rang-Größen-Regel nimmt lediglich auf hierarchische Strukturen Bezug.

3.2 Definition von Zentralität und Zentralort

Der entscheidende Schritt bei der Lösung unserer Probleme ist die Definition von Zentralität. Im Fokus unserer Definition, wie auch der Theorie Christallers steht die Beziehung zwischen Zentrum und Peripherie. Anstatt der Versorgung mit zentralen Gütern betrachten wir ganz allgemein Interaktionen. Da wir keine ökonomische Theorie, sondern eine allgemeine Zentralitätstheorie anstreben, ist das sinnvoll. Die Bedeutung des Begriffs Interaktion wird deutlich, wenn man seine Anwendung bei der Zentralitätsbestimmung sieht.¹⁴⁰ Gustafsson und Sedlacek fassen Zentralität als die Eigenschaft eines

140 Heinritz 1979, 70–76.

Ortes auf Interaktionsziel zu sein.¹⁴¹ Das kommt unseren Vorstellungen schon recht nahe. Die beiden Autoren setzen allerdings Zentralität mit absoluter Bedeutung gleich, womit der Fokus von der Beziehung zur Peripherie auf das Zentrum gelenkt wird und der strukturelle Vorteil den zentrale Orte im Sinne Christallers besitzen, nicht beachtet wird. Diese Mängel wollen wir in unserer Definition vermeiden:

Definition 1. *Zentralitätsintensität* ist relative Konzentration von Interaktion.

Diese Definition enthält die wesentlichen Aspekte:

1. Mit der Interaktion ist ein Parameter gefunden, der es erlaubt die betrachteten Phänomene angemessen zu beschreiben, der hinreichend abstrakt ist, um alle relevanten Fälle abzudecken, und prinzipiell konkret genug, um empirische Analysen zu erlauben.
2. Mit ‚Konzentration‘ ist eine Funktion dieses Parameters gegeben, die ihn in direkten Zusammenhang mit dem stellt, was wir betrachten wollen, der Zentralitätsintensität.
3. Mit ‚Konzentration‘ wird Zentralitätsintensität als etwas graduelles aufgefasst. Zentralität ist kein Attribut, das vorliegt oder nicht, sondern kommt Orten in einem bestimmten Maße zu.
4. Mit ‚relativ‘ nehmen wir Bezug auf die Tatsache, dass Zentralitätsintensität nicht durch das absolute Maß an Interaktionskonzentration gegeben ist, sondern dieses erst in Bezug zur Bevölkerungsdichte gesetzt werden muss.

Die gegebene Definition ist sehr abstrakt und erlaubt damit Anwendungen in verschiedenen Disziplinen und Themenbereichen. Die Definition besagt, dass dort, wo mehr Interaktion beobachtet werden kann, als durch die Bevölkerungsdichte oder vergleichbare Bezugswerte vorhergesagt werden kann, Zentralität vorliegt. Der quantitative Unterschied zwischen absoluter Interaktionskonzentration und anhand der Bevölkerungsdichte prognostizierter Interaktionskonzentration ist demnach die Zentralitätsintensität.

Überdenken wir noch einmal die Relativität. Die Interaktionskonzentration wird in Bezug zur Bevölkerungsverteilung gesetzt. Der Grund dafür ist, dass wir nicht von Zentralität sprechen wollen, wenn die naturräumlichen Bedingungen zu regionalen Maxima der Bevölkerungsdichte führen, die ihrerseits eine höhere Interaktionskonzentration hervorrufen. Hohe Zentralität, also die Erfüllung zentraler Funktionen kann aber

141 Gustafson 1973; Sedlacek 1973.

auch eine hohe Anzahl von Arbeitskräften erfordern. Denken wir spezialisierte Zentren, wie etwa Bergbaustädte. Nur ein geringer Teil der Erfüllung zentraler Funktionen ist auf die eigene Bevölkerung gerichtet. Im Wesentlichen geht es um die Versorgung ferner Siedlungen. Der Bezug der Interaktionskonzentration auf die Bevölkerungsdichte führt in diesem Beispiel zu einer Unterschätzung der Zentralitätsintensität.

Die Interaktionskonzentration muss also auf den Bevölkerungsteil bezogen werden, der nicht die Bereitstellung der jeweiligen zentralen Funktion besorgt. Dieser Wert ist sehr schwer zu ermitteln. Statt dessen versuchen wir die tatsächliche Zentralitätsintensität durch Ober- unter Untergrenzen der Zentralität abzuschätzen. Für die minimale Zentralität von Ballungsräumen verwenden wir die reale Bevölkerungsdichte. Für die maximale Zentralität in diesen Gebieten greifen wir auf eine ideale Bevölkerungsdichte zurück, die deduktiv anhand der Naturraumparameter ermittelt wird. In Gebieten geringer Bevölkerungsdichte kehren sich die Verhältnisse um, aber auch hier dürfte der reale Wert zwischen den beiden ermittelten Werten liegen.

Mit dem Wert der Zentralitätsintensität ist Zentralität allerdings nicht vollständig erfasst. Halten wir uns folgende drei Gegenüberstellungen vor Augen (Abb. 20):

- Einem Zentralort steht ein anderer mit geringerer Interaktionsintensität aber höherer Reichweite gegenüber.
- Einem Zentralort steht ein anderer mit geringerer Interaktionsintensität aber untergeordneten Orte vergleichsweise hoher Interaktionsintensität gegenüber. Der zweite Zentralort ist in der Siedlungshierarchie offensichtlich höher anzusiedeln.
- Einer Siedlungsstruktur, in der eine Verbindung durch zwei Zentralorte abgedeckt wird steht eine mit geringerer Interaktionsintensität gegenüber, in der die besagte Verbindung nur durch einen Zentralort abgedeckt wird. Letzterer besitzt ein höheres Maß an Kontrolle über die Verbindungen zwischen den zwei Regionen der betrachteten Siedlungsstruktur.

Es ist offensichtlich, dass die jeweils gegenüberstehenden Orte oder Strukturen äquivalent sein können. Neben der Intensität sind also weitere Faktoren zu nennen, welche die Zentralität bestimmen:

- Interaktionsintensität (I)
- Interaktionsreichweite (R)
- Hierarchieniveau (H)
- Interaktionskontrolle (K)

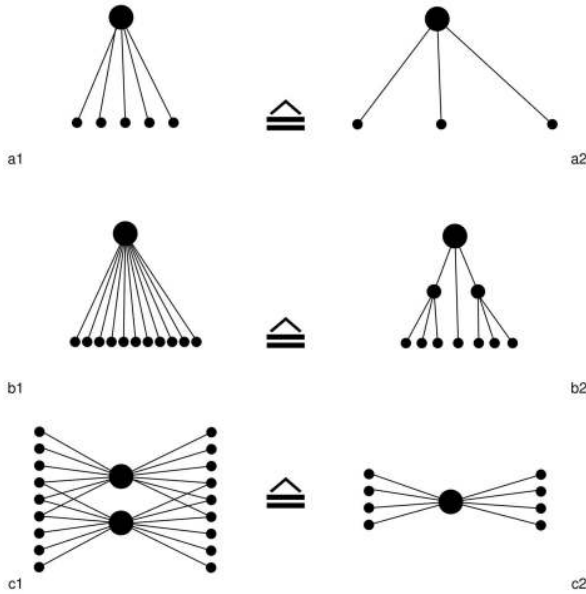


Abb. 20 Schematische Darstellung äquivalenter Zentralitäten.

Diese vier Faktoren sind offensichtlich unabhängige Komponenten der Zentralität, die wir dementsprechend als Vektor schreiben können: $Z = (I, R, H, K)$. Der Betrag dieses Vektors ist der Grad der Zentralität. Hierbei ist es erforderlich, die Skalen der unterschiedlichen Dimensionen anzugleichen, indem man sie beispielsweise auf den Wertebereich zwischen Null und Eins normiert.

Die Interaktionsreichweite wird in einer Distanzkurve dargestellt (siehe unten). Es macht jedoch Sinn einen charakteristischen Kennwert anzugeben. Da die Auswahl eines Wertes nicht ganz einfach ist, geben wir drei Werte an:

Definition 2. Die *Interaktionsreichweite* wird charakterisiert durch:

- die Distanz der exklusiven Interaktionen (R_1)
- die größte Distanz der regulären Interaktionen (R_2)
- die Distanz der maximalen Interaktion (R_3)

Hierbei entspricht R_1 natürlich dem Durchmesser des Ergänzungsgebietes Christallers.

Das Hierarchieniveau H wird durch die Anzahl der untergeordneten Hierarchieebenen zuzüglich eins angegeben während die Interaktionskontrolle mit Hilfe der Bet-

weerness gemessen wird (siehe unten). Formale Definitionen erübrigen sich sicher für diese beiden Komponenten.

Da wir mit unserer oben angegebenen Definition nur über eine mäßige Verbindung von Theorie und empirischen Methoden verfügen ist eine Ergänzung sinnvoll. Konzentration von Interaktion können wir mit einer hohen Interaktionsknotendichte gleichsetzen, wobei ein Interaktionsknoten hierbei räumlich verortete Interaktionspartner darstellt. Hiermit ist der räumliche Aspekt berücksichtigt.

Definition 3. *Konzentration* von Interaktion ist eine hohe Interaktionsknotendichte.

Die Einführung der Interaktionsknotendichte ermöglicht uns empirische Untersuchungen und erlaubt zahlreiche Quellen in die Analysen einzubeziehen. Ihr Vorteil ist, dass die Interaktionsknotendichte ein Feld ist, also für jeden Punkt im Raum angegeben werden kann. Wir wissen allerdings noch nicht so recht was ein Zentralort ist, können das jetzt aber einfach definieren:

Definition 4. *Zentralorte* sind Gebiete hoher relativer Interaktionsknotendichte.

Hiermit sind nun die meisten wesentlichen Begriffe definiert und die Basis für eine allgemeine Zentralitätstheorie gelegt, welche die gestellten Anforderungen erfüllen kann. Der Begriff der Interaktion wird im nächsten Abschnitt eingehend thematisiert und im Rahmen dessen definiert.

3.3 Funktionale Zusammenhänge von Zentralität

In diesem Abschnitt sollen ergänzende Informationen zu den Definitionen geboten und verschiedene Themen vertieft werden. Hier wird ein allgemeiner Hintergrund zu einigen Aspekten geliefert und diese Aspekte werden speziell hinsichtlich unseres Themas näher behandelt. Teilweise wird hierbei an die Facetten der Zentralortforschung angeknüpft. Es liegen aber auch deutliche Unterschiede vor, die einerseits der etwas verlagerten Thematik geschuldet sind. Andererseits soll die Chance die Dinge von einem anderen Standpunkt zu beleuchten ergriffen werden. Die Darstellungen sind damit komplementär, wenn auch in einigen Punkten überlappend.

3.3.1 Interaktion

Definition von Interaktion

Interaktion ist der wesentliche Terminus in der Definitionen von Zentralität. Somit muss auch Interaktion selbst definiert werden:

Definition 5. *Interaktion* ist das gemeinsame Handeln mindestens zweier Interaktionspartner.¹⁴²

Das gemeinsame Handeln kann aus vier Aktivitäten bestehen, deren Unterscheidung oft nur Idealtypen ergibt, die ihrerseits in zahlreiche Varianten untergliedert werden können:

1. Austausch von Information
2. Austausch von Gütern
3. Gemeinsame Aktivitäten
4. Physische Manipulationen

Der Austausch von Information ist natürlich nichts anderes als ein Kommunikationsprozess. Dieser gliedert sich in Teile, die wir aus Sicht der Semiotik betrachten können.¹⁴³ Der Sender einer Botschaft codiert seine Nachricht und übermittelt das entstehende Zeichen auf einem Informationskanal an den Empfänger. Dieser decodiert die Nachricht. Die Kommunikation kann in eine Richtung orientiert sein (Signalflagge am Flaggenmast) oder dialogisch, also wechselseitig (Gespräch) erfolgen. In beiden Fällen findet ein gemeinsames Handeln statt, was nicht bedeutet, dass beide Interaktionspartner die gleiche Aktivität vollziehen. Der Sender codiert und der Empfänger decodiert die Nachricht. Der gleiche Sachverhalt ist beim Austausch von Gütern gegeben. Auch hier steht dem Sender der Empfänger gegenüber, wobei beide Partner beide Rollen einnehmen, es sei denn, es handelt sich um einseitige Geschenke.

Unter gemeinsamen Aktivitäten sind sehr unterschiedliche Dinge zu verstehen. Zunächst können zwei Partner, dieselbe Rolle einnehmend mit einem Dritten interagieren, indem sie mit diesem Information oder Güter austauschen. Sie können aber auch gemeinsam ohne Dritten agieren, in dem sie etwa eine Kulthandlung ausführen oder ein Produkt fertigen. Beides lässt sich in der Praxis nicht ohne Kommunikation realisieren, geht aber über den Inhalt der Kommunikation hinaus.

Physische Manipulationen können Übergriffe also Gewalttaten eines Interaktionspartners gegenüber einem anderen sein. Es kann sich aber auch um medizinische Hilfe, Körperpflege oder artifizielle Manipulationen (Tätowierung) handeln.

142 Hiermit setzen wir bewusst eine, wie auch immer geartete Reaktion des zweiten Interaktionspart-

ners auf die Aktion des ersten Interaktionspartners voraus.

143 Eco 1977; Volli 2002.

Skalierung von Interaktion

Nun haben wir geklärt was Interaktion ist. Was aber ist *eine* Interaktion? Diese Frage spielt eine Rolle, da wir auf die Anwendung quantitativer Methoden abzielen. Ist eine Interaktion ein getauschtes Gut oder eine Aktion des Austausches mit Gegengabe. Oder aber bemessen wir Interaktion in der Anzahl der Interaktionspartner pro Jahr? Das Spektrum der Möglichkeiten ist weit und eine Entscheidung sollte davon abhängen, welche Daten verfügbar sind. Als natürliche Basiseinheit würde sich eine einzelne Gabe eines Gutes oder einer Information als kleinste Einheit anbieten. Ob es allerdings viele Anwendungsmöglichkeiten für diese Einheit gibt ist, fraglich und muss die Praxis erweisen. Geographische Anwendungen wie eine Zentralortanalyse legen eher gröbere Skalen nahe. Grundsätzlich sind die einzelnen Untersuchungen auf bestimmte Skalenniveaus beschränkt und blenden andere Interaktionen aus. Bei Vergleichen ist darauf zu achten, dass die Skalen der einzelnen Analysen sehr unterschiedlich sein können. Da man nicht immer eine Rückführung auf eine Basiseinheit umsetzen kann, wird oft die Standardisierung die wichtigste Vergleichsvorbereitung sein.

Geometrie von Interaktion

Insbesondere da wir uns im geographischen Kontext für Interaktion interessieren, spielt die Geometrie der Interaktion eine Rolle. Zunächst gehen wir davon aus, dass sich beide Interaktionspartner während der Interaktion an einem Ort befinden. Die zwei Interaktionsknoten einer Interaktion sind dann an diesem Ort – nennen wir ihn Ort A – lokalisiert. Wie verhält es sich aber, wenn einer der Interaktionspartner von einem mehr oder weniger entfernten Ort – Ort B – gekommen ist. Die Interaktion findet in Ort A statt (Abb. 2I, a). Wir könnten ebenfalls beide Interaktionsknoten in A lokalisieren. Das hat den Vorteil, dass die Interaktion an einem realen Ort zugewiesen werden kann. Ort B, der auch von der Interaktion profitiert erhält in diesem Fall keinen Interaktionsknoten. Für uns interessant ist aber vor allem die Beziehung zwischen Ort A und Ort B. Wir sollten in jedem Ort einen Interaktionsknoten lokalisieren (Abb. 2I, c). Bei einer Interaktion besitzen beiden Orte die gleiche Zentralität. Sobald aber aus mehreren Orten Personen nach A kommen und dort interagieren findet sich hier eine deutliche Konzentration von Interaktionsknoten (Abb. 2I, d).

Dieses Modell bietet sich auch für vermittelte Interaktion an (Abb. 2I, b). So können die Interaktionspartner telefonieren oder mit Hilfe optischer Signale kommunizieren. Es können aber auch Boten verwendet werden. In unserem Beispiel interagiert der Bote zunächst an Ort B mit dem Sender und anschließend an Ort A mit dem Empfänger. Er erhöht damit lediglich die Interaktionsknotendichte an beiden Orten.

Für Zentralortanalysen, so können wir festhalten, ist weniger der Ort der Interaktion als die Orte der Interaktionsknoten nach der beschriebenen Lokalisierung von Be-

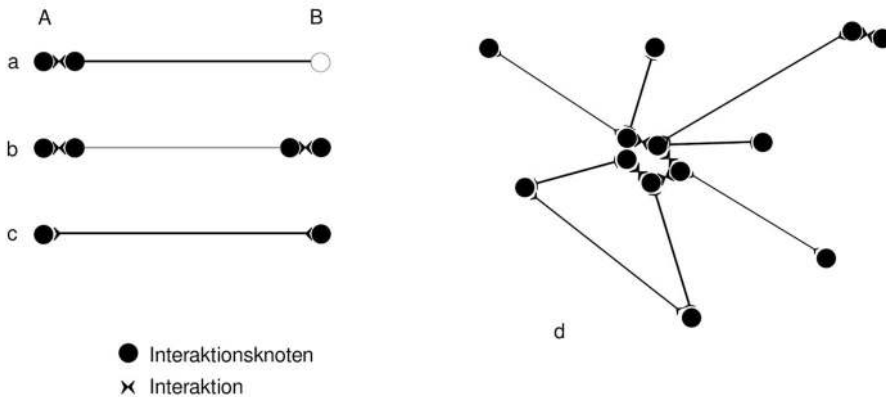


Abb. 21 Geometrisches Interaktionsschema zwischen den Orten A und B (a-c) sowie zwischen mehreren Interaktionsknoten (d).

deutung. Auf diese Weise können die Beziehungen zwischen den geographischen Orten wesentlich besser dargestellt werden (Abb. 21).

Funktion von Interaktion

Wozu interagieren wir? Der primäre Zweck der Interaktion ist die *Bedürfnisbefriedigung für mindestens einen Interaktionspartner*. Hierbei ist der Glaube, dass eine bestimmte Aktion ein bestimmtes Bedürfnis befriedigen kann, hinreichend für die Initialisierung einer entsprechenden Interaktion. Das Ergebnis ist zunächst offen. Der Interaktionspartner kann sich beispielsweise anders verhalten als geplant und an einem angebotenen Gut kein Interesse haben oder ein begehrtes Gut behalten oder gar nicht erst besitzen. Aber auch in diesen Fällen, in denen die intendierte Interaktion nicht zustande kommt, liegt eine Interaktion vor. Diese ist zwangsläufig mit dem Zurückweisen eines Interaktionsanliegens verbunden und damit ein Kommunikationsprozess.

Die Bedürfnisse, die durch eine Interaktion befriedigt werden können, sind sehr unterschiedlich. Einfach zu beschreiben und als Beispiel in vielen Fällen bevorzugt sind ökonomische Bedürfnisse. Der Wunsch ein Gut oder eine Information zu erhalten, auf das eine andere Person Zugriff hat, lässt sich nur vermittels einer Interaktion realisieren. Aber auch soziale und psychologische Aspekte können eine Rolle spielen. Der Wunsch seinen Status oder seine Rolle in einer Gemeinschaft zu ändern oder zu festigen wird mit Hilfe von Interaktionen realisiert.

Hier erhalten wir einen wichtigen Hinweis zur Bedeutung von Zentralorten. Da sie gewissermaßen als die Orte, an denen Bedürfnisse besser erfüllt werden können als an anderen Orten, aufzufassen sind, ist ihre Anziehung nahe liegend. Alleine das hohe In-

teraktionspotential erhöht die Wahrscheinlichkeit an diesem Ort einen Wunsch erfüllt zu bekommen.

Effekte von Interaktion

Interaktion kann zu zahlreichen Effekten führen, die dank der grundlegenden Bedeutung von Interaktion für alle Bereiche des Lebens in der Ökonomie, der Soziologie, der Psychologie sowie vieler weiterer Disziplinen anzusiedeln sind. Zunächst können Interaktionen es ermöglichen relevante Gütern zu erlangen. Dieser *Gütererwerb* kann in allen Wirtschaftssektoren erfolgen, also ebenso Waren (primärer und sekundärer Sektor) wie Dienstleistungen (tertiärer Sektor) und Information (quartärer Sektor). Aber nicht nur der Zugewinn, sondern auch der Verlust kann Effekt von Interaktion sein. Verhandelte Güter werden abgegeben und Raub ist eindeutig eine Interaktion.

Formierung, Festigung und Neuordnung von *Sozialstrukturen* und *Identitäten* werden ebenfalls durch Interaktion realisiert. Hier wird noch deutlicher als in der ökonomischen Sphäre, dass die entsprechenden Interaktionsprozesse hoch komplex sein können. Die Änderung sozialer Strukturen wird in erster Linie durch Kommunikation realisiert. Argumente werden ausgetauscht und Standpunkte verhandelt. Hierbei kommen aber auch physische Manipulationen in Form von Übergriffen und Gütertausch in Form von Geschenken zum Einsatz. Schließlich sind es gerade die gemeinsamen Aktivitäten, die hier eine besondere Rolle spielen und die Gruppen verbinden.

Die Kombination von Informationstausch, Gütertausch und Übergriffen, die bei der Änderung sozialer Strukturen angesprochen wurde, ist allgemein das Instrumentarium der *Handlungsinduktion*. Andere Menschen werden durch Argumente, Geschenke oder Gewaltandrohungen zur Durchführung bestimmter Handlungen bewegt. Die unterschiedlichen Formen der Handlungsinduktion und insbesondere der Machtausübung sind grundlegend für den Ablauf sozialer und ökonomischer Prozesse und die Steuerung der entsprechenden Systeme.

Schließlich sind die *Kulturbildung* und der *Kulturangleich* zu nennen. Kultur als Geltungsbereich von Standardisierungen in Kollektiven ist ohne Interaktion nicht denkbar.¹⁴⁴ Gemeinsame Standardisierungen entstehen durch Informationsaustausch und gemeinsame Aktivitäten. Interaktion ist also grundlegend an der Kulturbildung beteiligt. Aber auch beim Kulturangleich spielt Interaktion eine große Rolle.¹⁴⁵ Besteht ein intensiver Kontakt zwischen zwei Kollektiven, so nähern sich die Standardisierungen beider Kulturen durch Informationsaustausch an. Das gilt dann, wenn keine äußeren Zwänge oder bewusste Abgrenzungsbestrebungen vorliegen. Meist aber gelten diese nur für einen Teil der Standardisierungen, so dass sich die übrigen angleichen. Praktisch

144 K. P. Hansen 2003; K. P. Hansen 2009.

145 Nakoinz 2005; Nakoinz 2013a.

erfolgen diese komplexen Angleichungsprozesse in der Weise, wie es in der Theorie der Materiellen Kultur thematisiert wird.¹⁴⁶ Bestehende Standardisierungen, nehmen wir die Form von Keramikgefäßen als Beispiel, beeinflussen die Vorstellung, wie die Objekte auszusehen haben. Hierbei üben sowohl eigene, wie auch fremde Gefäße, also Gefäße eines Interaktionspartners, eine Wirkung aus. Eine Entwicklung kommt dadurch zustande, dass bei der Produktion neuer Gefäße unbewusst im Rahmen eines natürlichen Streubereiches oder bewusst auch darüber hinaus von der intendierten Form abgewichen wird. Diese abweichende Form beeinflusst nun wieder die Standardisierung.

Hier sehen wir den zweiten Aspekt der Bedeutung von Zentralorten, nach dem wir die Anziehung auf Zeitgenossen als den ersten Aspekt ausmachen konnten. Die zahlreichen Effekte, die Interaktion auf viele Bereiche des Lebens hat und die insbesondere an Zentralorten auftreten, machen diese zu Schlüsselorten der Forschung. Zentralorte sind Kristallisationspunkte der ökonomischen, sozialen und kulturellen Systeme und damit Orte mit einem hohen Potential für historische und nicht nur strukturhistorische Ereignisse. Dementsprechend ist es natürlich und sinnvoll, dass die Forschung immer wieder an zentralen Orten ansetzt.

Interaktionsmodelle

Es wurden zahlreiche geographische Interaktionsmodelle entwickelt, die den Austausch zwischen mindestens zwei Orten unter Verwendung von Modellparametern abbilden sollen.¹⁴⁷ Viele Modelle setzen Kenntnisse voraus, die in der Archäologie nicht verfügbar sind. So sind es gerade die relativ einfachen Gravitationsmodelle,¹⁴⁸ die heutige Verhältnisse zwar nur mäßig abzubilden vermögen, die aber archäologisch höchst relevant sind. Sie enthalten lediglich die Größe der interagierenden Orte und ihre Distanz. Die Interaktion ist:

$$I = \frac{AB}{d^p} \quad (3.1)$$

A und B sind die Ortsgrößen, d ist die Distanz zwischen den Orten und p ist ein Exponent, der den Einfluss der Distanz angibt. Es ist sinnvoll p empirisch zu ermitteln. Die Distanz kann optimiert werden, indem die reliefabhängigen Wegkosten verwendet werden. Letztlich modellieren Gravitationsmodelle lediglich den Sachverhalt, dass Interaktionen mit zunehmender Distanz unwahrscheinlicher und mit zunehmender

146 Fahlander und Oestigaard 2004; Hurcombe 2007; Jones 2007.

147 Kurze Übersicht: Haggett 2004, 415–419.

148 Fotheringham und O’Kelly 1989; Harris 1964; Haynes und Fotheringham 1984; Isard 1998; Nijkamp und Reggiani 1992; Sen und Smith 1995; Taaffe, Gauthier und O’Kelly 1973.

Ortsgröße wahrscheinlicher werden. Dieser Wert ist nützlich, wenn ein empirischer Interaktionswert nicht vorliegt, aber für andere Modelle benötigt wird. Es ist selbstverständlich, dass der theoretische Interaktionswert hier mit größter Vorsicht eingesetzt und das Ergebnis mit Vorbehalt interpretiert werden muss. Liegt ein empirischer Interaktionswert vor, so entfaltet der theoretische Interaktionswert erst seine volle Wirkung. Der Vergleich beider Werte kann Anomalien aufzeigen, die nützlich für die Interpretation sind.

Das Gravitationsmodell betrachtet jeweils nur zwei Orte und leitet aus deren Eigenschaften die Interaktionsintensität beziehungsweise die Interaktionswahrscheinlichkeit ab. Es kann jedoch auch sinnvoll sein, das gesamte Interaktionssystem zur Beurteilung einzelner Interaktionsbeziehungen zu berücksichtigen. Ein wichtiger Ansatz dieser Art ist das Entropie-Modell Wilsons.¹⁴⁹ Wilson geht grundsätzlich von einer Gleichwahrscheinlichkeit aller Interaktionsverbindungen aus. In einem Interaktionssystem werden die Interaktionen realisiert, die zum einem Interaktionsmaximum im gesamten System führen. Entscheidend sind die Randbedingungen. Neben der Kapazität der eingehenden und der ausgehenden Interaktionsbeziehungen sind hier die Transportkosten zu nennen. Damit haben wir letztlich gleichartige Parameter, wie das klassische Gravitationsmodell.

Auch das Komplementaritätsmodell Ullmans betrachtet das gesamte System.¹⁵⁰ Die in diesem Modell relevanten drei Parameter sind die Komplementarität, die Transportkosten und Alternativen. Grundsätzlich sind Interaktionen zwischen ergänzenden Partnern zu erwarten. Zu denken ist hier etwa an zwei Handelspartner von denen der Verkäufer genau das anbietet, was der Käufer benötigt. Die Interaktion kommt aber nur zustande, wenn die Transportkosten akzeptabel sind und es auf der Angebots- und der Nachfrageseite keine besseren Alternativen gibt.

Auch beispielsweise in der Soziologie¹⁵¹ und der Psychologie¹⁵² wurden Interaktionsmodelle entwickelt. Diese liegen unseren geographischen Interessen jedoch ferner und setzen oft archäologisch nicht verfügbare Information voraus. Mittlerweile ist eine ausführliche Besprechung unterschiedlicher Interaktionsmodelle erschienen, in der neben einem forschungsgeschichtlichen Überblick Fallbeispiele der vorrömischen Eisenzeit in Südwestdeutschland vorgestellt werden.¹⁵³

Organisation von Interaktion

Die Organisation von Interaktionen hängt im Wesentlichen davon ab, welche Parameter es zu optimieren gilt und welche Faktoren hierbei eine Rolle spielen. Zunächst ist

149 Wilson 1967; Wilson 1970; Wilson 1978; Wilson 2000; Gordon 2010; Nijkamp und Reggiani 1992; Taaffe, Gauthier und O'Kelly 1973.

150 Ullman 1956; Ullman 1980.

151 Abels 2007; Endruweit 2004.

152 Herkner 2001.

153 Nakoinz 2013b.

die Zugänglichkeit des Interaktionspartner zu betrachten. Die Distanz zu einem Interaktionspartner und der Begehungsaufwand der Strecke, also zusammenfassend die Wegekosten, sind hier die bestimmenden Faktoren. Die Wegekosten gewinnen mit zunehmender Frequenz der gewünschten Interaktion an Bedeutung. So liegt es nahe bei den üblicherweise hochfrequenten Interaktionen innerhalb der sozialen Bezugsgruppe die Distanz zu minimieren beziehungsweise weitgehend einen gemeinsamen und eher eng umgrenzten Aufenthaltsbereich zu wählen. Ebenso kann die Wahl des gleichen Standortes für stark interagierende Produktionsbetriebe oder die Zusammenführung der Produktion in einem Großbetrieb sinnvoll sein. Aus ökonomischer Sicht sprechen wir hier von Skalenerträgen. Ähnliche Vorteile können sich ergeben, wenn ein begangener Weg für mehrere Interaktionen genutzt werden kann. Ein modernes Einkaufszentrum, bei dem ich neben mehreren Geschäften gleich auch noch eine Bank und einen Arzt aufsuchen kann, ist ein anschauliches Beispiel. Der zu minimierende Parameter ist die Summe der Wegekosten zu einem Interaktionspartner in einem gegebenen Zeitintervall. Die Zugänglichkeit kann aber auch durch soziale Kontrolle beschränkt sein. Zu denken ist hier der Widerstand, der sich durch soziale Niveauunterschiede oder das Überwinden anderer sozialer Grenzen ergibt. Die sozialen Zugangskosten ergeben sich zum einen aus Gebühren, Bestechungsgeldern und Zeitverlust in Warteschlangen und zum anderen aus einem möglichem sozialen Statusverlust sowie Aufwendungen zur Überwindung psychologischer Hemmnisse. Diese Gruppe von sozialen Zugangskosten soll gemeinsam mit ähnlichen, ebenfalls schwer zu beurteilende Kostenarten allgemein als Zugangskosten bezeichnet werden. Als Wegekosten bezeichnen wir die variablen, also nur vom Wegeverlauf und der Weglänge abhängigen Kosten und als Transportkosten sollen Fixkosten aufgefasst werden, die im Zusammenhang mit der Interaktion stehen und nicht zu den Zugangskosten zählen. Diese terminologische Vereinfachung soll im Folgenden die Darstellung der Zusammenhänge verkürzen. Gemeinsam bilden diese drei Kostenarten die Interaktionskosten K . Diese werden abstrakt aufgefasst und beinhalten nicht nur Kosten im betriebswirtschaftlichen Sinne. Verwenden wir also

W variable Wegekosten, die nur von Wegeverlauf und der Weglänge abhängen

T fixe Transportkosten

Z individuelle soziale Zugangskosten und ähnliche, nicht näher fassbare Interaktionskosten

i Index einzelner Interaktionen

als Abkürzungen, so erhalten wir die Formel:

$$K_i = (W_i + T_i + Z_i) \quad (3.2)$$

Bei der Optimierung des Siedlungssystems mit dem Ziel der Minimierung der Interaktionskosten, die sich aus der Summe der spezifischen Wegekosten zuzüglich der Transportkosten und der Zugangskosten über alle gewünschten Interaktionspartner ergibt, sind verschiedene Aspekte zu beachten. Grundsätzlich wird man bestrebt sein den Transport zu den Interaktionspartnern räumlich und zeitlich zu synchronisieren um Synergien nutzen zu können. Das führt einerseits zu Ansammlungen von Interaktionsknoten und andererseits zur Bildung von Hauptverkehrsachsen und hohen Transportkapazitäten. Auf diese Weise können mehrere Aufgaben an einem Ort erledigt und mehrere Güter gemeinsam transportiert werden. Limitierende Faktoren sind hierbei die Größe der Siedlungen, mit der die siedlungsinternen Transportkosten wieder steigen, aber vor allem auch die naturräumlichen Gegebenheiten. Das Relief kann eine maximale Siedlungsausdehnung vorgeben und die Verteilung von Rohstoffen kann der Ballung entgegenwirken. Auch ist zu bedenken, dass nicht jede Interaktion zustande kommt. Nur dann, wenn die Interaktionskosten unter einem durch die Interaktionspräferenz vorgegebenen Schwellenwert liegt wird eine Interaktion initiiert.

Die Entscheidung, ob eine Interaktion zustande kommt, sollte aber zunächst keinen Eingang in den Optimierungsprozess finden. Vielmehr sollte eine individuelle Gewichtung der Kosten anhand der Bedürfnispräferenz erfolgen. Ist die Präferenz hoch, so werden die Kosten virtuell gesenkt. Die Bedürfnispräferenz gibt an, wie wichtig dem initiierten Interaktionspartner die entsprechende Interaktion ist. Dieser Wert liegt zwischen 0 und 1 wobei ein hoher Wert wichtige Interaktionen kennzeichnet, die unerlässlich sind und deren Kosten im Rahmen des Optimierungsprozesses virtuell entfallen. Dieser Wert sollte natürlich selten gewählt werden. Mit

P Interaktionspräferenz $[0,1]$

ergeben sich die Interaktionsgesamtkosten als:

$$K = \sum_i ((W_i + T_i + Z_i) - P_i(W_i + T_i + Z_i)) \quad (3.3)$$

Diesen Wert gilt es durch die Wahl einer geeigneten Organisationsstruktur zu optimieren, also zu minimieren. Innerhalb der beschriebenen Rahmenbedingungen kann mindestens eine optimale Siedlungsstrukturen mit minimalen Interaktionskosten K gefunden werden. Der Realisierung dieser Struktur stehen zwei Dinge entgegen. Es liegen selten alle Informationen vor, die zu einer Optimierung notwendig sind. Auch wenn das optimale System bekannt ist, verursacht der möglicherweise erforderliche Strukturwandel hohe Kosten, die nicht immer durch die eingesparten Transportkosten gedeckt werden. Das gilt insbesondere bei der Kalkulation aus der Sicht des einzelnen Akteurs. Hieraus ist eine gewisse Beharrungstendenz der Siedlungssysteme beziehungsweise eine Pfadabhängigkeit zu erklären.

Sowohl die Lage der Interaktionsknoten als auch die Durchführung der Transporte können optimiert werden. Die Maßnahmen der Optimierung, die hierbei zur Anwendung kommen sind *Konzentration* und *Synchronisation*. Beides kann zu Synergieeffekten führen. Werden Interaktionspartner beziehungsweise Interaktionsknoten an einem Ort konzentriert, so werden die Interaktionskosten, die auf den Transport zurückzuführen sind minimiert. Je größer Orte sind, um so mehr Kosten können prinzipiell eingespart werden. Die Konzentration von Interaktionsknoten kann dauerhaft erfolgen, sie kann aber auch temporär sein. Wochenmärkte oder jährlich stattfindende Märkte sind ein Beispiel hierfür. Interaktionen, die selten vorkommen, können optimiert werden, indem man viele Interaktionspartner an einem bestimmten Zeitpunkt zusammenführt. Als emergenter Aspekt kann sich hierbei auch die Möglichkeit des gemeinsamen Agierens ergeben. Versteigerungen oder Konferenzen sind ein Beispiel.

Vergleichbare Maßnahmen sind bei der Organisation der Transporte möglich. Werden mehrere Transporte zusammengefasst, so können Kosten gespart werden. Da wir einen abstrakten Kostenbegriff verwenden, wird durch diese Formulierung selbst der Fall abgedeckt, das man gemeinsam reist, um weniger Langeweile ertragen zu müssen. Hier werden gewissermaßen psychische Kosten gesenkt. Der gewünschte Effekt kann erreicht werden, indem man Transporte, die ursprünglich zu unterschiedlichen Zeiten stattfinden sollten zusammenfasst. Ebenso kann man Transporte, die unterschiedlichen Zwecken dienen zusammenfassen. Dieser Optimierungsmechanismus führt zu Transportmitteln mit zunehmender Kapazität. Zu bedenken sind aber auch Kapazitätsgrenzen. Schiffe können eine bestimmte, vom Stand der Technik abhängende Größe nicht überschreiten. Überschreitet die Anzahl der Autos auf einer Straße die maximale Kapazität kommt es zum Stau.

Nach dem Gesagten lassen sich drei idealtypische Organisationsfaktoren unterscheiden:

1. keine Synergien. Eine Organisationsstruktur die, aus welchen Gründen auch immer, keine Synergien enthält, besitzt auch keine zentralen Orte. Die Orte und Interaktionsverbindungen sind mehr oder weniger gleichmäßig verteilt. Transportkosten spielen eine untergeordnete Rolle. Wir treffen heterarchische Netzwerke an.
2. Ortssynergien. Die Konzentration von Interaktionsknoten von Einzelinteraktionen führt zu großen Orten. Die Optimierung erfolgt durch die Minimierung der Wegekosten für die Interaktionen am Ort. Die weiteren Wegekosten können beispielsweise durch einen minimal aufspannenden Baum, der seine Wurzel im Zentralort besitzt minimiert werden. In diesem Fall liegt eine christallersche Monohierarchie vor.

3. **Transportsynergien.** Werden Transporte zusammengefasst, so entstehen Netzwerke mit ausgeprägten Verkehrsachsen, in denen bestimmten Netzknoten eine besondere Bedeutung zukommt. Die Bündelung der Transporte führt zu Systemen mit einer Hierarchie der Verkehrswege. Die Orte können mit den Indizes der Netzwerkzentralität charakterisiert werden.

Die drei Idealtypen können nicht in Reinform auftreten. Christallerzentralität führt beispielsweise zu Transportsynergien, da der Weg aus den umliegenden Orten in das Zentrum zu mehreren Interaktionspartnern führen kann. Bei einem Besuch in der Stadt werden oft mehrere Dinge erledigt. Andererseits führen zusammengefasste Transporte zu einer Konzentration an Interaktionsknoten an den Enden des Weges. Es entstehen Handelszentren. Auch heterarchische Netzwerke dürften kaum in reiner Form angetroffen werden können. Heterarchische Strukturen werden aber die anderen Strukturen meistens überlagern.

In der Praxis werden wir es mit zahlreichen Überlagerungen zu tun haben. Für die verschiedenen Arten von Interaktionen bilden sich unterschiedliche Organisationsstrukturen aus, die anhand unterschiedlicher Parameter optimiert sein können. Zum einen überlagern sich diese zu einer komplexen Gesamtstruktur. Zum anderen sind auch Wechselwirkungen zu bedenken. Eine Organisationsstruktur kann sich an einer anderen orientieren, da von Synergieeffekten profitiert werden kann oder da eine Beharrungstendenz beziehungsweise Persistenz vorliegt. Überlagerungen können als parallele Raumstrukturen¹⁵⁴ aufgefasst werden und korrespondieren mit unterschiedlichen Raumwahrnehmungen (Abb. 22). Die besprochenen Organisationsstrukturen stellen dabei lediglich einen kleinen Teil der existierenden und möglichen Raumstrukturen dar. Ein etwas detaillierterer Überblick wird im Rahmen der Klassifikation von Zentralität gegeben.

Interaktionsdichte

Ohne methodische Aspekte vorwegzunehmen müssen wir besprechen, was unter Interaktionsknotendichte zu verstehen ist. Es soll sich um die Punktdichte der Interaktionsknoten in der Einheit Punktzahl / Fläche handeln (Abb. 23). Es ist wichtig, dass mehrere Punkte an einem Ort vorliegen dürfen. Das schließt Methoden aus, die multiple Inzidenzen nicht erlauben.

Es scheint auch denkbar mit einer Netzwerkdicke zu arbeiten, die gelegentlich als Urbanisierungsgrad angegeben wird.¹⁵⁵ Hierbei handelt es sich um den Anteil der realisierten Interaktionen an der Anzahl der möglichen Interaktionen an einem Ort. Sehen

154 Meyer 2013.

155 Scott 2000, 69–83.

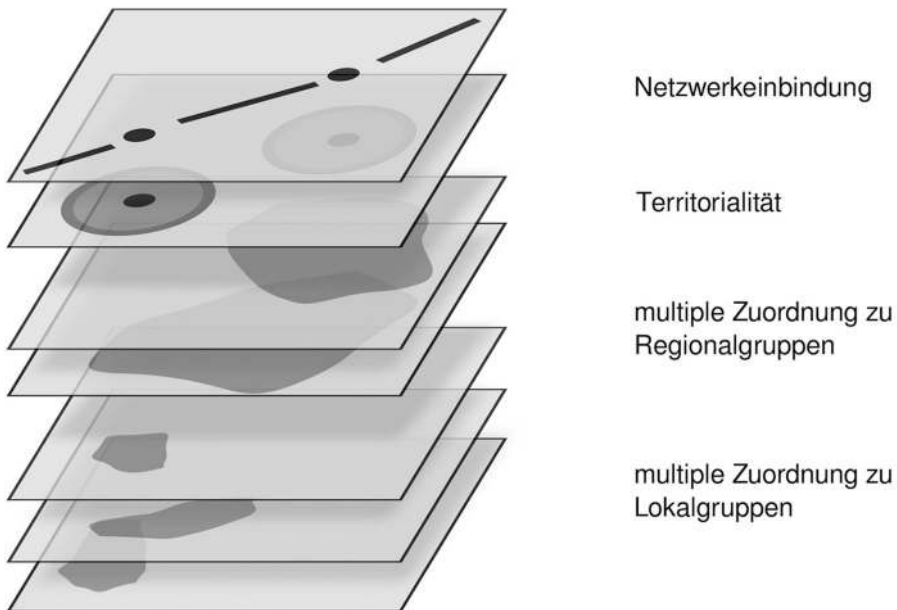


Abb. 22 Schema paralleler Räume.

wir jedoch genauer hin, so wird deutlich, dass dieser Wert eine ganz andere Information enthält, die wir nicht als Zentralität bezeichnen sollten. Die Anzahl der realisierten Interaktionen können wir mit der Interaktionsdichte und damit auch einer realen Zentralität gleichsetzen, da bei unserer Formulierung der Netzwerkdichte nur ein Ort mit gegebener Fläche betrachtet wird. Ein Faktor kann demnach beide Werte in Einklang bringen. Mit dem Quotienten, also der möglichen Interaktionen führen wir eine Normierung auf eine ideale oder maximal erreichbare Zentralität durch. Dieses für die Interpretation ebenfalls sehr nützliche Verhältnis ist aber keinesfalls mit der Zentralität gleichzusetzen. Der Wert gibt vielmehr Hinweise zur Organisation des Zentralortes. Ein geringer Wert der Netzwerkdichte entspricht einem hohen Organisationsgrad und, um wieder an die Urbanisierungsforschung anzuschließen, einer hohen Urbanität.

3.3.2 Distanz und Kosten

Die Bedeutung der Distanz und der Wegekosten für die Zentralität ist nach dem bisher gesagten offensichtlich. Wegekosten sind aus der Perspektive der christallerschen Zentralität der dominante Faktor bei der Realisierung von Interaktionen. Die Wegekosten nehmen im Allgemeinen mit der Distanz zu. Der Zusammenhang zwischen Wegstrecke und Wegekosten wird in einer räumliche Kosten-Kurve dargestellt. Ist diese Kurve eine

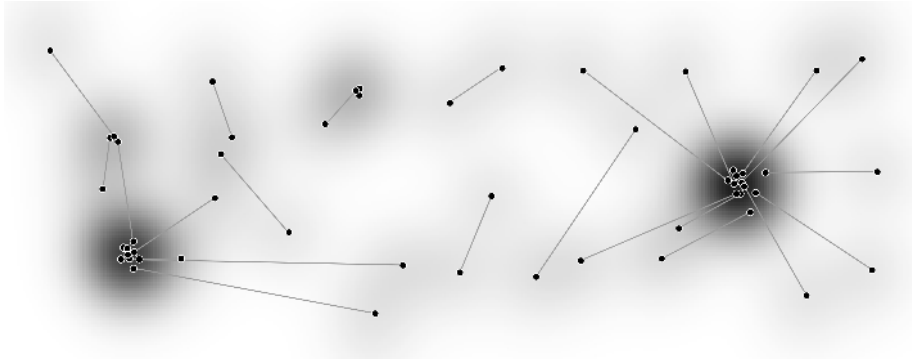


Abb. 23 Zentralität als Interaktionsknotendichte (KDE).

Gerade, so liegt eine konstante Transportrate vor. Die räumliche Kosten-Kurve muss jedoch nicht stetig sein und sie muss auch keine Gerade sein. So sind gestufte Funktionen ebenso möglich wie Kurven, die ein Ansteigen oder abfallen der Transportrate mit der Distanz darstellen.

Realistischer als die Nutzung der euklidischen Distanz ist sicher die Verwendung der tatsächlichen Pfadlänge. Ist der Verlauf des Weges nicht bekannt, so kann anhand des Reliefs, topographischer Merkmale und weiterer kostenrelevanter Eigenschaften der kostengünstigste Weg ermittelt werden.¹⁵⁶ Die Länge dieses Weges kann nun für die weiteren Betrachtungen genutzt werden. Da aber die Wegekosten entscheidungsrelevant sind, können die ermittelten minimalen Kosten der Verbindung zwischen zwei Punkten gegenüber den reinen Transportkosten bevorzugt werden. Das hat den Vorteil, dass die unterschiedliche Transportraten für Gebiete mit unterschiedlicher Steigung, unterschiedlicher Gangbarkeit und Bereiche anfallender Sonderkosten (Zoll etc.) berücksichtigt werden können. Hiermit wird der Widerspruch zwischen der Homogenitätsforderung und dem Wunsch nach der Beachtung relevanter Parameter aufgelöst.

Nach dieser Einführung, die die Bedeutung und Anwendung von Distanzen kurz veranschaulicht hat, wenden wir uns den Details zu und untersuchen zunächst die Frage, wie Distanzen definiert werden.

Metrik und Norm

Will man in einem Raum Abstände beziehungsweise Distanzen messen, so muss man zunächst eine Metrik definieren. Realisiert werden Metriken anhand einer Norm, also der Definition eines Abstandes zweier Punkte im betreffenden Raum. Neben Distanzmaßen können Ähnlichkeitsmaße, Zusammenhangsmaße, Korrelationsmaße und Pro-

¹⁵⁶ Wheatley und Gillings 2002, 151–163.

ymitätsmaße verwendet werden,¹⁵⁷ die so in ein Distanzmaß zu überführen sind, dass folgendes gilt:

$$d(a, b) = 0 \iff a = b \quad (3.4)$$

$$d(a, b) = d(b, a) \quad (3.5)$$

$$d(a, b) \leq d(a, c) + d(c, b) \quad (3.6)$$

Diese Bedingungen für eine Metrik bedeuten, dass sie definit und symmetrisch sind sowie die Dreiecksungleichung erfüllen.

Klassifikation von Distanzen

Distanzen können anhand des Raumes, für den sie definiert sind, unterteilt werden. Das Modell des Raumes wird hierbei der Geometrie entnommen und gegebenenfalls auf andere Sachverhalte übertragen. Die mathematischen Zusammenhänge ergeben sich aus der Geometrie, während die Interpretation der Dimensionen sehr unterschiedlich sein kann. Für unsere Fragestellungen dient meistens der geographische Raum als Bezugsraum. Andere Räume, wie etwa der soziale oder ökonomische Raum können in diesen teilweise hineinprojiziert werden oder mehrere Räume können in einem höherdimensionalen Raum integriert werden. Letzteres ist ein elegantes Modell, das aber besondere Sorgfalt bei der Definition von Distanzen erfordert. Eine universelle Distanz muss die Dimensionen sinnvoll gewichten. Neben einer universellen Distanz ist in derartigen Räumen die Definition unterschiedlicher Normen, beispielsweise für den ökonomischen oder sozialen Unterraum, unumgänglich.

Geometrisch-mathematische Distanz

Das wichtigste geometrisch-mathematische Raummodell ist das euklidische. In diesem Raum gilt die euklidische Distanz:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (3.7)$$

157 Batagelj 1989; Cutsem 1994; Forster 1984, 1–9; Gower und Legendre 1986; Heuser 1990, 81–86; Liebe-

trau 1983; Sneath und Sokal 1973, 116–147; Steinhäusen und Langer 1977, 51–67.

Die euklidische Distanz setzt verschiedene Eigenschaften der Variablen voraus, die besonders im Fall mathematischer Merkmalsräume relevant sind. Zunächst müssen die Variablen vergleichbare Einheiten besitzen. Offensichtlich kann es Probleme geben, wenn eine Variable eine Länge und eine andere ein Gewicht angibt.

Neben der euklidischen Distanz gibt es weitere Normen. Die *Mahalanobis Distanz* führt eine Eliminierung von Korrelationen zwischen den Variablen als auch eine Normierung durch. Für viele Zwecke bei der Verwendung von Merkmalsräumen ist die *Mahalanobis Distanz* deshalb eine sehr gute Wahl. Sind jedoch die Verzerrungen, die dieses Distanzmaß bewirkt unerwünscht, sollte man auf die euklidische Distanz zurückgreifen.

Für Merkmalsräumen mit Skalen, die nicht intervallskaliert sind, sind zahlreiche weitere Normen definiert.

Binäre Skalen unterscheiden nur Vorhandensein und Abwesenheit von Merkmalen und führen zu dem Problem, wie die Abwesenheit gewichtet werden soll. Der *Jaccard Koeffizient* beispielsweise ignoriert die gemeinsame Abwesenheit eines Attributes. Soll hingegen die gemeinsame Absenz eines Merkmales gewertet werden, so bietet sich der *Simple Matching Koeffizient* an.

Geographische Distanz

Grundsätzlich orientieren wir uns im geographischen Raum am euklidischen Raum. Gerade hinsichtlich der Norm gibt es aber erhebliche Unterschiede, die auf die Kugelform der Erde zurückzuführen sind. Die Euklidische Distanz würde Porto und Wellington mit einer Gerade durch die Erde verbinden und damit zu einer Distanz führen, die zwar geometrisch richtig, aber praktisch für viele Zwecke unnützlich ist. Statt dessen wird die Distanz als kürzeste Verbindung auf der Erdoberfläche definiert. Diese Linie bezeichnen wir als Geodäte. Betrachten wir einen kleineren Ausschnitt, so werden andere Probleme deutlich. Würden wir die Formulierung ‚auf der Erdoberfläche‘ wörtlich nehmen, so würde die Norm Reliefelemente wie Gebirge berücksichtigen. Diese Norm kann für verschiedene Fragestellungen nützlich sein. Insbesondere wenn wir nicht einfach die Länge der entsprechenden Linie betrachten, sondern die Reliefparameter gegen die Distanz gewichten, erhalten wir für praktische Aufgaben nützliche kostengünstigste Pfade.

Oft bevorzugen wir aber statt der Erdoberfläche eine Projektion auf eine Kugel, Ebene, Kegel oder ein vergleichbares Objekt. Derartige kartographische Projektionen liegen den meisten Karten zugrunde.¹⁵⁸

158 Hake 1982.

Netzwerkdistanz

Netzwerke bilden die Welt, wie wir später sehen werden, durch Kanten und Knoten ab, die keine geographische Interpretation unterstützen müssen. Darüber hinaus gelten Eigenheiten der Graphentheorie. Grundsätzlich sollen Graphen unterschiedlich darstellbar sein. Isomorphe Graphen, also strukturell gleiche Graphen sollen, aber trotz unterschiedlicher Darstellungen die gleichen Parameter aufweisen. Für die Norm bedeutet das, dass sie von der Darstellung unabhängig sein muss. Distanzen in Netzwerken ergeben sich als die Summe der Kantengewichte der kürzesten Pfade zwischen zwei Punkten. In ungewichteten Graphen, bei denen wir uns die Kantengewichte alle gleich eins denken, entspricht das der Anzahl der Kanten zwischen zwei Punkten. Bei geographisch gewichteten Netzwerken, deren Kanten also mit der korrespondierenden geographischen Distanz gewichtet werden, ergeben sich demnach Distanzen, die vom Wegeverlauf beziehungsweise vom Verkehrssystem abhängen.

Kulturelle Distanz

Kulturelle Distanzen ergeben sich letztlich im Raum kultureller Merkmale.¹⁵⁹ Kulturen sind Standardisierungen, die in Kollektiven gelten.¹⁶⁰ Prinzipiell können wir kulturelle Ähnlichkeit durch die Anzahl der Standardisierungen definieren, die zwei Einheiten gleichermaßen zukommen. Archäologische Fundtypen können wir vereinfacht als Indikatoren von Standardisierungen auffassen. Beim archäologischen Fundmaterial sind jedoch auch die Quantitäten zu berücksichtigen. Geben wir den Anteil der Fundtypen am gesamten Fundmaterial an, so können wir eine euklidische Norm für unsere kulturelle Metrik im Merkmalsraum archäologischer Funde und Befunde nutzen.

Geographische Distanzen in der Ökonomie und ökonomische Distanzen

In der Ökonomie spielen geographische Distanzen eine große Rolle, da sie ein wichtiger Kostenfaktor sind. Schon von Thünen sieht in den Entfernungen zum Markt den bestimmenden Standortfaktor, aus dem er sein Modell der Thünenschen Ringe ableitet.¹⁶¹ Hohe Distanzen werden durch die Wahl agrarischer Produkte mit geringen Transportkosten kompensiert. In größeren Entfernungen findet demnach eine extensive Landwirtschaft statt.

Ähnlich lokalisiert Weber die Industriestandorte.¹⁶² Die optimale Lage ist dort, wo die minimalen Gesamtkosten durch die Transporte der Rohstoffe und der Produkte entstehen. Im allgemeinen liegen die Industriestandorte näher an den Rohstofflagerstätten, da die Kosten für den Transport der Produkte meistens geringer sind.

159 Nakoinz 2005; Nakoinz 2013a.

160 K. P. Hansen 2009.

161 Von Thünen 1875.

162 Weber 1909.

Fetter grenzt die Marktareale unterschiedlicher Produktions- und Handelsstandorte anhand der Transportkosten ab, wobei er variable Kosten mit unterschiedlichen Transportraten und fixe Kosten unterscheidet.¹⁶³

Christaller und Lösch sehen die besten Siedlungsstrukturen da, wo die Einzugsgebiete distanzoptimiert abgegrenzt sind.¹⁶⁴ Haggett behandelt in seiner Standorttheorie Distanzen als ökonomischen Faktor sehr ausführlich und Krugman verwendet Distanzen als dominanten Faktor in der *New Economic Geographie*.¹⁶⁵

Von ökonomischen Distanzen können wir dann sprechen, wenn die räumlichen Distanzen anhand der Kosten gewichtet wurden. In Christallers Modellen verwendet er geographische Distanzen und lässt die meist individuellen Kostenfaktoren keine Rolle spielen. Er denkt jedoch durchaus an geographische Distanzen, die eine entsprechende Gewichtung erfahren¹⁶⁶ und sieht deren Bedeutung in der ökonomischen Welt.

Unser Thema ist geographischer Natur. Somit ist die räumliche Repräsentation von Daten und der Zusammenhang räumlicher und nicht räumlicher Informationen von großer Bedeutung. Der betrachtete Raum lässt sich unterschiedlich strukturieren. Diese Raumstrukturen bilden den formalen Rahmen für die Aufnahmen der Informationen und sollen zunächst beschrieben werden.

3.3.3 Raumstrukturen

Lokationen: Punkte

Punkte sind eine der wichtigsten Datentypen in der Archäologie. Viele Informationen sind als Punkte gegeben.

Definition 6. *Lokationen* sind geometrisch klar definierte Punkte, an denen bestimmte Gegenstände oder Sachverhalte vorliegen.

In unserem Zusammenhang können wir Interaktionsknoten durch Lokationen repräsentieren. Lokationen haben im Rahmen der Analysen einen Nachteil. Sie beinhalten nur Informationen zu den betrachteten Punkten. Damit ergeben sich Probleme, wenn Arbeitsgebiete verglichen werden sollen, die Punktstrukturen jedoch nicht korrespondieren.

Deutlich wird das, wenn wir uns den Fall vor Augen halten, dass zwei Fundtypen in überlappenden Bereichen verbreitet sind, aber selten oder nie am gleichen Ort vorkommen. Wie finden wir anhand der Punkte die Grenze der Dominanzbereiche? Die Antwort liegt in der Verwendung von Dichteberechnungsmethoden, die Lokationen in Felder transformieren.

163 Fetter 1924.

164 Christaller 1933; Lösch 1940.

165 Haggett 1965; Krugman 1995.

166 Christaller 1933, 31–33.

Auf einen Aspekt bei der Verwendung von Lokationen sei noch hingewiesen. An einem Ort können mehrere Punkte vorkommen. Das hängt mit der Skalierung der Betrachtung zusammen. Großräumige Untersuchungen weisen Funden oft die Koordinaten der Fundstellen zu, womit diese Orte mehrfach belegt sein können. Duplikate verursachen in manchen Analysen jedoch Probleme. Dies gilt es zu bedenken.

Felder: Oberflächen und Dichte

Bei den Lokationen haben wir die Bedeutung der Felder schon angesprochen. Nun sollen diese definiert werden:¹⁶⁷

Definition 7. In *Feldern* wird jedem Punkt im Arbeitsgebiet ein bestimmter Wert zugewiesen. Sie besitzen keine Grenzen beziehungsweise keine scharfen Grenzen.

Felder können mit einer Funktion oder mit der Hilfe ausgewählter Punkte beschrieben werden. Letzteres ist aus der Sicht unserer Arbeiten wichtiger. Die Formulierung ‚jeder Punkt im Arbeitsgebiet‘ bezieht sich in der Praxis auf die Skalierung der Betrachtung, da nicht alle Punkte – das wären unendlich viele – sondern alle betrachtete Punkt angesprochen werden. Die dazwischen liegenden Punkte besitzen in Feldern prinzipiell auch einen Wert, werden aber nicht berücksichtigt. Dargestellt werden Felder oft in Rastern mit regelmäßig gesetzten Punkten. Damit werden Raster durch Lokationen repräsentiert. Der entscheidende Unterschied ist, dass die Punkte, durch die ein Feld beschrieben wird, an formal prädefinierten Orten liegen und damit der Vergleich inhaltlich unterschiedlicher Felder möglich ist.

Grundsätzlich stellen wir uns Felder als stetige Oberflächen vor. Unter dieser Prämisse können Werte zwischen zwei Punkten interpoliert werden. Das gilt natürlich nur, wenn im Rahmen der Rasterauflösung Autokorrelation vorliegt. Unstetigkeitsstellen können als Anomalien auftreten.

Zwei wichtige Beispiel für Felder sind die Geländeoberfläche und das Ergebnis einer Dichteberechnung.

Umgrenzte Flächen: Territorien

Definition 8. *Territorien* sind Gebiete, die einer bestimmten Einheit zugewiesen sind und eindeutige, scharfe Grenzen besitzen.

Diese Definition entspricht einer formalen Auffassung von Territorien.¹⁶⁸ Bei Verwendung dieser Definition sind politische Territorien nur ein Sonderfall. Die Wahl einer

167 Vgl. Haggett 1973.

168 Haggett 1973, 303; Haggett 2004, 531–534; Nakoinz 2013a, 70–71.

formalen Definition anstatt einer auf speziellen Inhalten basierenden erlaubt es uns, mit diesem Gegenstand spezifische Methoden zu assoziieren.

Unsere Definition bedeutet, dass jeder Punkt innerhalb des Territoriums der entsprechenden Einheit zugeordnet und jeder Punkt außerhalb des Territoriums dieser Einheit nicht zugeordnet wird.

Die Zuweisung zu korrespondierenden Einheiten kann auf drei Arten erfolgen:

exklusive Einflussphären. Es ergeben sich disjunkte Territorien, die ausschließlich von einer Einheit ‚genutzt‘ werden. Hier können politische Territorien als Beispiel aufgeführt werden.

dominante Einheit. In diesem Fall ergeben sich ebenfalls disjunkte Territorien, die jedoch nicht exklusiv genutzt werden. Marktareale, die sich in der Konkurrenz zwischen den Produzenten bzw. Marktstandorten ergeben und räumlich abgegrenzte Kulturen sind ein Beispiel.

bestimmte Eigenschaft. Diese Territorien müssen nicht disjunkt, sondern können überlappend sein. Hier ist zunächst an die Territorien von Tieren¹⁶⁹ oder von Noma-Stämmen zu denken.

Ein weiterer wichtiger Begriff ist jener der Tesselation.¹⁷⁰ Eine Tesselation ist eine lückenlose Aufteilung eines gegebenen Gebietes in disjunkte Territorien.

Bei der Verwendung von Territorien müssen wir zwischen zwei Prinzipien unterscheiden:¹⁷¹

Idealterritorien geben unter der Verwendung eines bestimmten Optimierungsprinzips an, welche Flächen bestimmten Einheiten sinnvollerweise zugewiesen werden sollten. Wir sprechen auch von theoretischen Territorien, die konstruiert werden, oder deduktiv ermittelten Territorien. ‚Ideal‘ nimmt besonderen Bezug auf die zugrundeliegenden Optimierungsprozesse.

Realterritorien geben an, welche Flächen bestimmten Einheiten tatsächlich zugewiesen sind. Wir sprechen auch von empirisch oder induktiv ermittelten beziehungsweise rekonstruierten Territorien.

Diese Unterscheidung ist von fundamentaler Bedeutung, da die beiden Territoriumstypen sehr unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten implizieren. Eine Verwechslung führt zu grundlegend falschen Ergebnissen und ist regelhaft anzutreffen. Der Vergleich von Real- und Idealterritorien hingegen kann überaus nützlich sein, da hier Rückschlüsse auf die real durchgeführten Optimierungsprozesse gezogen werden können.

169 Howard 1920.

170 Okabe u. a. 2000.

171 Vgl. Garcia und Verdin 2002; Helly 2000; Nakoinz 2009b; Nuninger u. a. 2006.

Netze: Interaktionssysteme

Mit den Netzwerken lösen wir uns von den Oberflächen. Nur ausgewählte Orte werden berücksichtigt. Im Fokus steht die Beziehung zwischen diesen Orten. Prinzipiell können die Netzwerke genau jene Punkte enthalten, die unter Lokationen angesprochen wurden. Oft wird allerdings eine Vereinfachung sinnvoll sein. Betrachten wir das Beispiel von Importfunden, die wir vereinfachend mit Interaktionsknoten gleichsetzen können. Für ein Netzwerk kann es vorteilhaft sein, die Importfunde, die an einem Ort beziehungsweise in einem eng umgrenzten Bereich auftreten, zusammenzufassen, um eine Quantifizierung oder in der Terminologie der Netzwerke eine Kantengewichtung zu ermöglichen.

Graphentheoretische Grundlagen

Die Netzwerkanalyse basiert auf dem mathematischen Konzept der Graphentheorie.¹⁷² Diese bildet die relevanten Sachverhalte durch Knoten (Elemente, Punkte) und Kanten (Beziehungen, Verbindungslinien) ab (Abb. 24). Wichtige Begriffe der Graphentheorie sind:

Graph Ein Graph besteht aus einer Menge von Knoten und einer Menge von Kanten und kann durch eine Adjazenzmatrix beschrieben werden. Vollständige Graphen besitzen alle möglichen Kanten.

Knoten stellen die Elemente eines Graphen dar. Knoten werden als Punkte gezeichnet.

Kanten verbinden jeweils zwei Knoten. Kanten werden als Linie gezeichnet. Wenn die Reihenfolge der Knoten relevant ist, sind sie gerichtet und werden als Pfeil dargestellt. Wird einer Kante ein Wert zugewiesen, etwa die Distanz zwischen zwei Knoten, so ist sie gewichtet. Entsprechend spricht man von ungerichteten oder gerichteten und ungewichteten oder gewichteten Graphen.

Adjazenz ist die Beziehung zwischen Knoten oder Kanten in einem ungerichteten Graphen. Eine Matrix, in der die Zeilen und Reihen jeweils Knoten repräsentieren und die Werte die Adjazenz angeben, heißt Adjazenzmatrix und wird zur Darstellung eines Graphen verwendet.

Weg Ein Weg ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils durch eine Kante verbunden sind. Ein Graph ist zusammenhängend, wenn alle Knoten paarweise mit einem Weg verbunden werden können.

Pfade sind Wege, die jeden Knoten nur einmal enthalten. Ein Hamiltonpfad enthält alle Knoten des Graphen.

172 Diestel 2006; Brandes und Erlebach 2005.

Kreise sind Wege, die an ihrem Startpunkt enden.

Baum Ein Baum ist ein zusammenhängender Graph, der keine Kreise enthält. Ein Spannbaum ist ein zusammenhängender Teilgraph ohne Kreise, der alle Knoten enthält. Hierarchien können als Bäume dargestellt werden.

Grad Der Grad eines Knoten ist die Anzahl der Interaktionspartner beziehungsweise der Kanten, die zu diesem Knoten laufen.

Schnitt Ein Schnitt unterteilt einen Graphen durch die Entfernung von Kanten in jeweils zusammenhängende Teilgraphen, die nicht durch Kanten verbunden sind.

Planare Graphen lassen sich ohne Überschneidung in einer Ebene darstellen.

Gerichtete Graphen enthalten Kanten mit einer Richtungsangabe.

Gewichtete Graphen enthalten Kanten mit einem Wert, der den Knoten oder auch Kanten zugewiesen wird.

Auf dieser Basis können wir Netzwerke definieren:

Definition 9. *Netzwerke* sind Graphen. Sie sind vereinfachende Modelle, welche die relevanten Teile der Welt mit Kanten und Knoten abbilden.

Wir benutzen die Begriffe ‚Netzwerk‘ und ‚Graph‘ weitgehend synonym. Tendenziell bevorzugen wir ‚Graph‘ in mathematischen und formalen Zusammenhängen und ‚Netzwerk‘, wenn der Inhalt im Vordergrund steht. Auch die Forschungsgeschichte schlägt sich in unserem Sprachgebrauch nieder.

Als Grundlage für die weitere Arbeit wollen wir die verschiedenen Arten von Netzwerken unterscheiden. Eine Klassifikation in zyklische Graphen, Bäume, Euler-Graphen und dergleichen ist naheliegend. Für unsere Zwecke bietet es sich jedoch an die Klassifikation etwas näher an den Anforderungen der Interpretation zu orientieren. Wir unterscheiden drei grundlegende Typen von Netzwerken:

- Freie Netzwerke (fN)
- Gebundene Netzwerke (gN)
- Hierarchische Netzwerke (hN)

Diese drei Typen sind eine Teilmenge möglicher Klassen von Netzwerken. Sie sind aus der Sicht unserer Untersuchung und vermutlich darüber hinaus charakteristisch für die wichtigsten Anwendungsfälle und besitzen jeweils spezifische Methoden und Interpretationsansätze.

Elemente der Graphentheorie

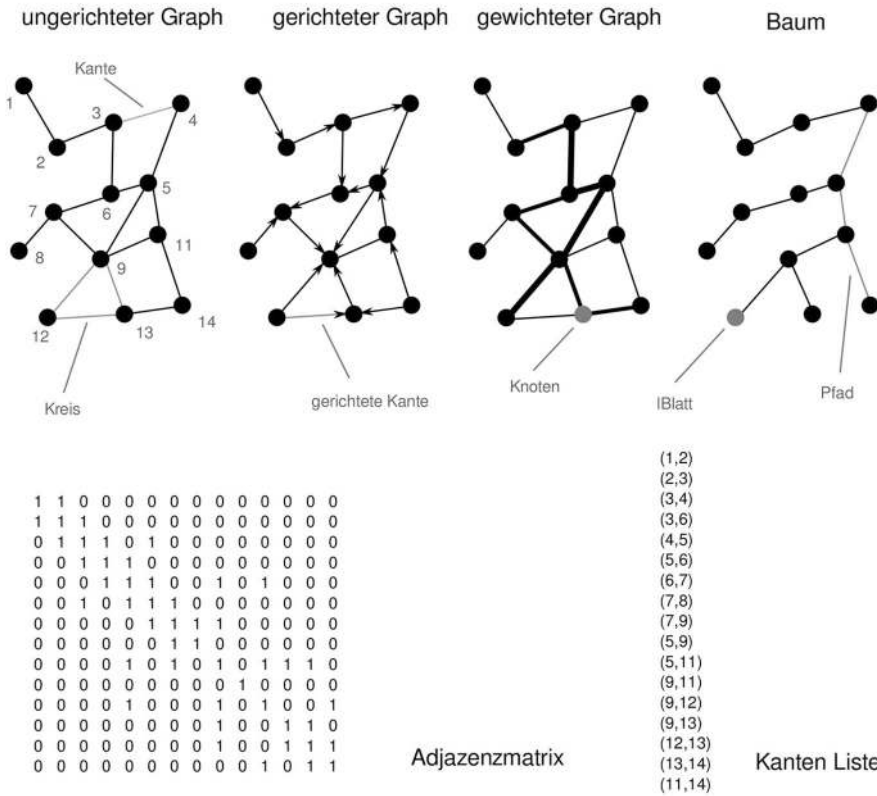


Abb. 24 Elemente der Graphentheorie.

Freie Netzwerke (fN)

In einem freien Netzwerk wird jede Beziehung zwischen Interaktionspartnern durch eine Kante repräsentiert. Es können sehr komplexe Netzwerke entstehen. Soziale Netzwerke sind ein gutes Beispiel für freie Netzwerke. In freien Netzwerken können der Grad der Knoten wie auch die Interaktionsintensität sehr aussagekräftig sein.

Gebundene Netzwerke (gN)

Bei gebundenen Netzwerken sind nur Kanten erlaubt, die infrastrukturell vorgegeben sind. Interaktionen zwischen entfernten Partnern werden oft über Dritte umgeleitet. Naturgemäß sind die Auswertungsmöglichkeiten der reinen Struktur gebundener Netzwerke begrenzt, so dass Gewichte eine besondere Rolle spielen. Insbesondere der Grad

der Knoten ist nur bedingt aussagekräftig, da dieser Wert von Faktoren bestimmt sein kann, die nicht untersucht werden. So kann bei Verkehrsnetzen eine Kante zwischen zwei intensiv interagierenden Orten aufgrund topographischer Rahmenbedingungen nicht existieren. Bei der Beurteilung der Interaktionsintensität muss berücksichtigt werden, dass hier im Gegensatz zu freien Netzwerken Transitinteraktion vorkommen kann.

Geographische Netzwerke sind das paradigmatische Beispiel gebundener Netzwerke. Hier bilden das Verkehrsnetz oder ähnliche Strukturen die Grundstruktur. Geographische Netzwerke sind planare Graphen.

Hierarchische Netzwerke (hN)

Hierarchische Netzwerke sind Bäume mit gerichteten Kanten und gewichteten Knoten, bei denen Verbindungen nur zu höher gewichteten Knoten zulässig sind. Die Knoten sind prinzipiell gewichtet, wobei sich dieses Gewicht in gewissem Maße aus der Netzwerkstruktur erschließen lässt. Polyhierarchische Netzwerke sind aus (mono-)hierarchischen Netzwerken zusammengesetzt und enthalten in der Regel Kreise, sind also nicht zwangsläufig Bäume.

Siedlungshierarchien und sozialen Hierarchien sind die wichtigsten Beispiele hierarchischer Netzwerke. Erstere stellen meistens keine vollständigen Siedlungsstrukturen dar, sondern sind eine Idealisierung ausgewählter Zusammenhänge.

Kantengewichtung der Netzwerke

Die genannten Netzwerktypen können unterschiedlich gewichtete Kanten enthalten. Grundsätzlich sind ungewichtete, distanzgewichtete und intensitätsgewichtete Kanten möglich. Bei dieser Auswahl orientieren wir uns an der geographischen Natur unserer Themas. Teilweise unterscheiden wir zwischen gerichteten und ungerichteten Graphen, wobei erstere hervorgehoben werden. Da nicht alle Kombinationen realisierbar sind und einige andere weniger relevant erscheinen, ergeben sich zehn Netzwerktypen, die unterschieden werden sollen:

- ungewichtete fN
- distanzgewichtete fN
- intensitätsgewichtete fN
- gerichtete intensitätsgewichtete fN
- ungewichtete gN

- distanzgewichtete gN
- intensitätsgewichtete gN
- gerichtete intensitätsgewichtete gN
- gerichtete hN
- gerichtete intensitätsgewichtete hN

Auf der Basis dieser ausgewählten Typen von Netzwerken werden im entsprechenden Kapitel diesen Typen und ihren assoziierten Methoden geeignete Interpretationsansätze zugeordnet. Hierbei wird unter anderem zwischen den Potentialen, die sich aus der Netzwerkstruktur ergeben, und Eigenschaften des realen Netzwerkes unterschieden.

3.3.4 Zentralisierungsprozesse

Während wir einerseits relativ klare Vorstellungen besitzen, was ein Prozess ist, so macht es das Vorliegen zahlreicher Definitionen sehr schwer eine auszuwählen. Denken wir an chemische Prozesse, historische Prozesse, Geschäftsprozesse und ökologische Prozesse, so werden Ähnlichkeiten und Unterschiede schnell deutlich. Für unsere Zwecke definieren wir Prozess folgendermaßen:

Definition 10. *Prozesse* sind Vorgänge, die ein System von einem Anfangszustand z_1 zu Zeitpunkt t_1 in einen Endzustand z_2 zu Zeitpunkt t_2 überführen.

Wir können hier verschiedene Varianten unterscheiden. Zunächst sind kontinuierliche beziehungsweise stetige und diskrete Prozesse zu nennen. Wichtig sind vor allem die Differenzierungen, die Anfangs- und Endzustand betreffen. Die beiden Zustände können hinsichtlich ihrer konkreten Ausprägung und hinsichtlich ihrer strukturellen Parameter verglichen werden. Viele Prozesse erhalten die Struktur, verändern aber die Ausprägung. In statischen beziehungsweise quasistatischen Prozessen werden aufgrund der sehr geringen Geschwindigkeit sowohl die Ausprägung wie auch die Struktur erhalten. Es kann sich allerdings auch beides in Prozessen ändern. Die jeweiligen Ereignisse, die eine Zustandsänderung bewirken, sind bei stationären Prozessen nicht von den vorherigen und bei Markov-Prozessen nur von dem letzten vorherigen, Zustand abhängig. Prozesse können jedoch auch pfadabhängig sein. Zu unterscheiden sind zudem zufällige von gerichteten Prozessen. Letztere sind dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere von drei aufeinanderfolgenden Zuständen prinzipiell aus den anderen beiden interpoliert werden kann, jedenfalls bezüglich der strukturellen Parameter.

Entsprechend der vier Komponenten von Zentralität (Interaktionsintensität, Interaktionsreichweite, Hierarchieniveau und Interaktionskontrolle) können wir vier Typen von Zentralisierungsprozessen unterscheiden (Abb. 25).

Intensivierung führt zu einer Zunahme der Zentralitätsintensität. Die Interaktionen mit dem Umland werden intensiviert.

Expansion führt zu einer Ausweitung des Einzugsgebietes beziehungsweise des Territoriums. Interaktionen werden zu weiter entfernten Orten realisiert.

Konzentration führt zu einer Abnahme der Anzahl zentraler Orte. Die Interaktionen konzentrieren sich auf weniger Zentren, deren hierarchisches Niveau damit ansteigt.

Segmentierung führt zu einer klareren Trennung zwischen unterschiedlichen Gebieten. Damit steigt die Interaktionskontrolle bestimmter Orte, die als Gateways bezeichnet werden können.

Neben Zentralisierungsprozessen sind Dezentralisierungsprozesse als Inversion der genannten Prozesse zu erwähnen. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass die Zentralisierungs- beziehungsweise Dezentralisierungsprozesse eine Optimierung der Systeme bewirken. In unseren Systemen bedeutet das eine Minimierung der gesamten Interaktionskosten im Siedlungssystem. Eine Verschlechterung kann aufgrund von äußeren Zwängen oder aufgrund des Wandels von Systemparametern erfolgen. Politische Sachverhalte oder Klimaänderungen sind hier zu nennen. Wir gehen im Folgenden näher auf die Frage der Optimierung ein.

3.3.5 Modelle und Optimierung

Was ist ein Modell?

Modelle haben wir in dieser Arbeit mehrfach angesprochen und sie sind nicht nur in den Wissenschaften ein wichtiges Werkzeug. Um ihren Nutzen und ihre Funktionsweise zu klären, müssen wir zunächst ermitteln, was Modelle sind. Forschungsgeschichtlich und hinsichtlich einer disziplinären Klassifikation gibt es zwei Herangehensweisen. Die mathematisch-logische Modelltheorie steht in engem Zusammenhang mit der Theorie formaler Sprachen und dem Problem der Wahrheit. Tarski (1935) definierte beziehungsweise verwendet den Begriff des Modells in diesem Zusammenhang erstmals in den 1930er Jahren. Für ihn ist ein Satz in einer formalen Sprache genau dann wahr, wenn jedes Modell der formalen Sprache auch ein Modell des betrachteten Satzes ist. Dieser Ansatz¹⁷³ wirkt für unsere Zwecke etwas unhandlich. Anwendungsorientierter

173 Vgl. auch Bays 2001; Hodges 1993; Hodges 1997; Raatikainen 2008; Rothmaler 2000.

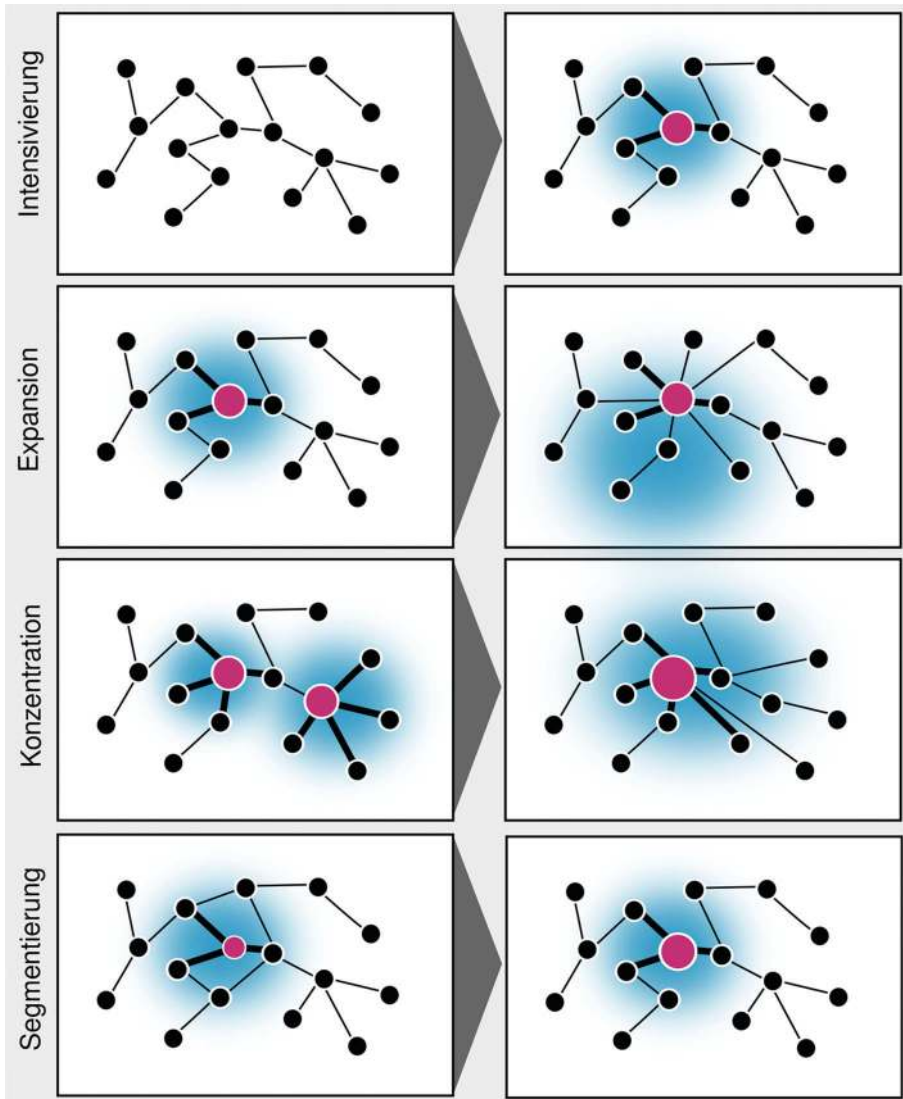


Abb. 25 Schematische Darstellung von Zentralisierungsprozessen.

scheinen Konzepte, die Modelle als Abbildungen auffassen.¹⁷⁴ Mahr stellt beide Ansätze in einen Zusammenhang und entwickelt die Theorie auf dieser Basis weiter.¹⁷⁵ Ein wichtiger Anwendungsbereich ist hierbei die Informatik.

174 Stachowiak 1973; Ziegler 1972.

175 Mahr 2003; Mahr 2004; Mahr 2006; Mahr 2008; Mahr 2009.

Wir wollen Modelle in einer allgemeinen Weise definieren, die dem Konzept des Abbildes entspricht.

Definition 11. Ein *Modell* ist ein ikonisches Zeichen, das relevante Merkmale eines anderen Gegenstand hinsichtlich eines bestimmten Aspektes abbildet.

In der Definition sind jene drei Merkmale von Modellen enthalten, die Stachowiak explizit anführt:¹⁷⁶

- **Abbildung.** Modelle besitzen bestimmte Merkmale des abgebildeten Gegenstandes. Dies ist der Aspekt der Ikonizität. Neben den Elementen des abgebildeten Gegenstandes sind es die Beziehungen zwischen diesen, die im Modell enthalten sind.
- **Reduktion.** Die Merkmale des abgebildeten Gegenstandes werden im Modell stark vereinfacht. Nur die Merkmale des Gegenstandes, die hinsichtlich eines bestimmten Aspektes relevant sind, sind enthalten. Alle anderen Merkmale sind nicht gegeben, so dass ein Modell zunächst immer ein Ideal ist.
- **Pragmatismus.** Die Auswahl der relevanten Merkmale des Gegenstandes ist immer anwendungsbezogen. Ein Modell dient einem bestimmten Zweck und dieser Aspekt kommt in der Auswahl der Merkmale und der Art der Abbildung zum tragen.

Diese Merkmale machen deutlich, dass es keine universellen Modelle geben kann. Es ist immer anzugeben, welches Objekt zu welchem Zweck modelliert wird, beziehungsweise auf welche Fragestellung die zugrundeliegende Theorie angewendet wird. Nur auf dieser Basis kann die Form der Abbildung und die Auswahl der Gegenstandsmerkmale beurteilt werden.

Balzer führt in seiner Formulierung einer Modellklasse ohne mengentheoretische Werkzeuge drei Bedingungen auf:¹⁷⁷

- **Modell = Struktur einer Theorie.** Hiermit ist gemeint, dass jedem Modell eine Theorie zugrunde liegt, woraus wiederum folgt, dass ein Modell relativ zu einer Sprache ist.
- **Modell \sim Menge von Hypothesen.** Ein Modell repräsentiert eine Menge von Hypothesen, die Bestandteil der zugrunde liegenden Theorie sind.

176 Stachowiak 1973.

177 Balzer 2009.

- Modell \neq Atomsätze. Modelle sind keine einzelnen Sachverhalte, sondern etwas Komplexeres, in dem Einzelsachverhalte auf der Basis der Theorie in Beziehung gesetzt werden.

Balzers Ansatz ist nicht ganz so anschaulich wie jener von Stachowiak, beleuchtet aber das Verhältnis von Modell und Theorie sehr gut.

Ein Aspekt, auf den Mahr besonders hinweist, und der durch den Sprachgebrauch verzerrt wird, ist, dass Modelle im Grunde nur gedachte Gegenstände sind.¹⁷⁸ Wir können reale Objekte als Modelle auffassen, meinen damit aber eigentlich nicht das Objekt selbst, sondern seine relevanten Merkmale. Das genannte Objekt weist zahlreiche weitere Merkmale auf, die nicht dem Modell angehören. Wir definieren also:

Definition 12. Ein *Modellobjekt* ist eine Repräsentation eines Modells, das neben den relevanten Merkmalen weitere Merkmale aufweist und als Modell interpretiert werden muss.

Ein weiterer Aspekt, auf den Mahr hinweist ist, dass die Abbildung deduktiv oder induktiv sein kann.¹⁷⁹ Ein deduktives beziehungsweise theoretisches Modell, also ein ‚Modell für‘, dient als Grundlage zur Konstruktion des Gegenstandes. Der zu konstruierende Gegenstand soll die Merkmale, die im Modell abgebildet werden, realisieren. Ein Bauplan kann ebenso als Beispiel angeführt werden, wie Christallers Hexagone im Kontext der Raumordnung. Ein induktives beziehungsweise empirisches Modell hingegen, also ein ‚Modell von‘, ist das vereinfachte Abbild eines Gegenstandes gewissermaßen als Rekonstruktion. Gemälde oder die Siedlungsstrukturen, die Christaller empirisch ermittelt hat, sind als Beispiele zu nennen. In bezug auf unsere Fragestellungen können wir diese Zusammenhänge zusammenfassen (Abb. 26):

Deduktive Modelle beziehungsweise theoretische Modelle ermöglichen eine Konstruktion von Gegenständen

Empirische Modelle beziehungsweise induktive oder reale Modelle ermöglichen eine Rekonstruktion von Gegenständen

Wie arbeitet man mit Modellen?

Auf die Gegenüberstellung von theoretischen und realen Modellen kommen wir an verschiedenen Stellen dieser Arbeit zurück. Diese Unterscheidung ist sehr wichtig, wenn wir uns der Arbeit mit Modellen zuwenden. In der praktischen Arbeit nutzen wir unentwegt Modelle. Dem vorliegenden Gegenstand liegt das Modell des Buches zugrunde.

178 Mahr 2006.

179 Mahr 2004.

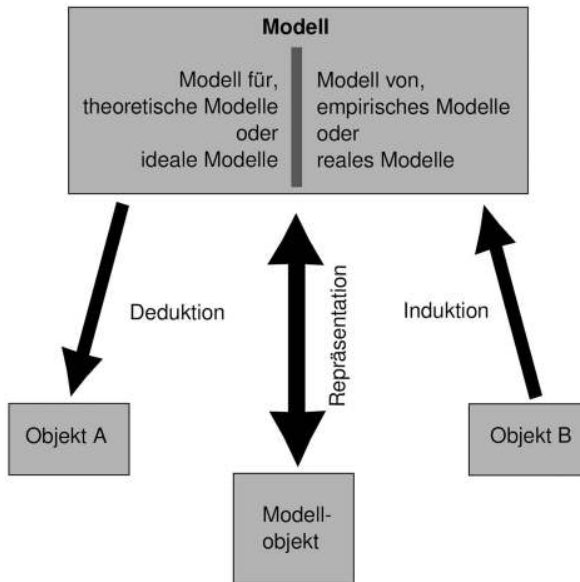


Abb. 26 Modell von Modellen nach dem Konzept von Mahr.

Das Literaturverzeichnis am Ende basiert auf einem entsprechenden Modell. Dieses sind Beispiele für deduktive Modelle, denen wir als induktive Modelle einige Abbildungen dieses Bandes gegenüberstellen können. Diese pragmatische Anwendung von Modellen ist jedoch nicht das, worauf wir hier abzielen wollen. Vielmehr ist für uns die analytische Anwendung von Modellen, insbesondere von Siedlungsmodellen von Bedeutung. Der Aspekt der Anwendung von Modellen wird in verschiedenen Disziplinen diskutiert. Für die Geographie sei Haggett angeführt.¹⁸⁰ Er unterscheidet verschiedene Zwecke der Modellkonstruktion. Neben der grundsätzlichen Unvermeidbarkeit von Modellen nennt er die Tatsachen, dass Modelle rationell und anregend sind. Insbesondere vermögen Modelle Schwachstellen der Theorien sichtbar zu machen. Weiterhin sieht Haggett eine, mit dem Forschungsprozess korrespondierenden Abfolge von Abstraktionsstufen. Die wirkliche Welt wird in bildhaften Modellen, diese in Analogmodellen und diese wiederum in Symbolmodellen abgebildet. Hierbei nennt er die bildhaften Modelle auch ikonische Modelle und verwendet einen eingeschränkteren Begriff der Ikonizität als wir es in der oben angeführten Definition getan haben. Dort fassen wir Abbildung und Ikonizität in einem sehr abstrakten Sinne auf, der auch mathematische Abbildungen, die in Haggetts Klassifikation symbolisch sind einbezieht. Eine weitere intensive Auseinandersetzung mit dem Modellbegriff in der Geographie stammt von Wirth.¹⁸¹ Wirth versucht im Wesentlichen die Theorie Stachowiaks auf die Geographie anzuwenden.

180 Haggett 1973, 25–30; Haggett 2004, 38–45.

181 Wirth 1979, 128–166.

In der Archäologie ist es Clarke, der sich am intensivsten mit den theoretischen Grundlagen und der Anwendungen von Modellen beschäftigt hat.¹⁸² Dieser Impuls kann nicht hoch genug gewertet werden, da die explizite Reflexion der Grundlagen von Modellen in dieser Disziplin bis heute sehr rar geblieben ist. In den theoretischen Überlegungen Clarks steht der Gedanke der Vorhersage anhand von Modellen im Vordergrund. Als wesentliche Aspekte führt er Comprehensiveness, Predictiveness, Efficiency und Accuracy auf. Insbesondere der Aspekt der Accuracy führt zu dem Gedanken des Vergleichs eines Modells mit der Wirklichkeit. Nach den obigen Darlegungen können wir diesen Gedanken zum Vergleich von theoretischen mit empirischen Modellen umformulieren. Es wird nun also angestrebt, dass ein möglichst einfaches (Comprehensiveness, Efficiency) theoretisches Modell ein empirisches Modell möglichst genau (Accuracy) vorhersagt (Predictiveness). Hiermit enthält auch Clarks Ansatz implizit die oben als fundamental dargelegte Dichotomie von Modellen.

Dem Leser fällt gewiss auf, dass die Zitate zur Modellbildung vorwiegend aus den 1960er und 1970er Jahren stammen. Das ist kein Zufall, denn in diese Zeit fiel die explizite Auseinandersetzung mit dem Modellbegriff. Später wurden Modelle natürlich angewendet, aber weniger reflektiert. Parallel zu den grundlegenden Paradigmenwechseln der Archäologie verschob sich auch der Anwendungsbereich von Modellen. Als Beispiel für jüngere Arbeiten zu und mit Modellen kann ein Tagungsbericht von Kohler und van der Leeuw genannt werden.¹⁸³

Wenden wir uns nun der Praxis zu. Im Folgenden sollen einige wichtige Aspekte der Modellanwendung diskutiert werden. Zunächst ist, wie oben schon aufgezeigt wurde, anzuführen, dass Modelle unsere Theorie abbilden. Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Gegenständen, mit denen wir uns forschend beschäftigen, werden von der entsprechenden Theorie näher beleuchtet. Hier wird angegeben was unsere Gegenstände sind, welche Beziehungen zwischen ihnen bestehen und oft auch warum diese bestehen. Die Modelle greifen nun diese Gegenstände und Beziehungen auf und bilden ein entsprechendes System. Wir können nun anhand des Abstraktionsgrades drei Modelltypen unterscheiden:

Qualitative Modelle enthalten alle Elemente unseres Systems und eine Beschreibung ihres Zusammenhangs.

Quantitative Modelle mit Variablen enthalten alle Elemente unseres Systems mit quantifizierten Angaben und entsprechenden Beschreibungen der Relationen der Elemente. Verschiedene Werte sind nicht festgelegt und werden durch Variablen repräsentiert. Diese Werte können dementsprechend variiert werden.

182 Clarke 1968; Clarke 1972.

183 Kohler und van der Leeuw 2007.

Quantitative Modelle mit Konstanten enthalten quantitative Angaben zu allen Elementen und Relationen, jedoch keine Variablen. Diese Modellvariante können wir als konkrete Realisierung eines quantitativen Modells mit Variablen auffassen.

Die drei Typen stehen gewissermaßen in einem hierarchischen Verhältnis zueinander. Qualitative Modelle können Modelle von quantitativen Modellen mit Variablen und diese von quantitativen Modellen mit Konstanten und diese von wirklichen Gegenständen sein. Hier wird wieder der Aspekt der Fragestellungsorientierung unserer Arbeit deutlich, der sich auch in der Zweckorientierung von Modellen zeigt. Welche Abstraktionsebene wir wählen hängt von der konkreten Teilfragestellung ab.

Auf Grundlage dieser Definitionen, Klassifikationen und Charakterisierungen können wir versuchen die Arbeit mit Siedlungsmodellen zu modellieren. Zunächst erarbeiten wir eine Theorie, die uns die wesentlichen Angaben zu den Typen der Gegenstände unserer Forschung und ihrer Relationen in die Hand gibt. Hieraus leiten wir ein allgemeines Siedlungsmodell ab. Dieses sagt uns, dass wir unter bestimmten Rahmenbedingungen bestimmte Siedlungsstrukturen erhalten, weil bestimmte Zusammenhänge existieren und Prämissen erfüllt sein sollten. Wir sind nun mit den wesentlichen Zusammenhängen vertraut, das Modell hilft uns diese zu verstehen. Unser Beispiel ist, dass Siedlungsstrukturen sich so ergeben, dass die Gesamtversorgungskosten minimal sind und Transportkosten der dominante Kostenfaktor sind. Im nächsten Schritt präzisieren wir dieses Modell, indem wir es unter Verwendung weiterer Prämissen quantifizieren. Modell A verwendet die euklidische Distanz zwischen den Orten und Modell B reliefabhängige Wegekosten. Nun wenden wir unser Modell auf ein konkretes Gebiet an und füllen die verbleibenden Variablen mit Werten. Wir können jetzt in unserem Beispiel ermitteln, wo zentrale Orte in unserem Siedlungssystem liegen sollten oder wo Territorialgrenzen günstig wären – je nach konkreter Fragestellung. Die Modelle, die wir zuletzt verwendet habe, sind deduktive beziehungsweise theoretische Modelle, die als Vorbild für die Planung der Siedlungsstruktur dienen können und die bestimmte Anforderungen erfüllen. Der nächste Schritt ist es, ein empirisches Modell der Siedlungsstruktur zu erstellen, das uns zeigt, wie es wirklich aussieht. Aus dem qualitativen Modell entnehmen wir die Kenntnis, welche Elemente und Merkmale relevant sind, also was in unser empirisches Modell aufgenommen werden soll. Aus dem resultierenden Siedlungsmodell können wir nun strukturelle Parameter ablesen. Wir stellen in unserem Siedlungsmodell Zentralorte fest und können eine Siedlungshierarchie rekonstruieren. Besonders interessant ist nun der letzte Schritt, in dem wir das empirische Modell mit dem theoretischen Modell (quantitativ, mit Konstanten) vergleichen. Aus diesem Vergleich können wir lernen, welche Parameter bei der Genese der realen Siedlungsstruktur von Bedeutung waren. In unserem Beispiel könnten wir feststellen, dass Modell A schlecht, Modell B hingegen gut mit dem empirischen Modell übereinstimmt.

Der Wegeverlauf war offensichtlich von Bedeutung und es spielte eine Rolle, ob Berge überwunden werden mussten oder nicht.

Was bedeutet Optimierung von Modellen?

Bei der Betrachtung der Arbeit mit Modellen haben wir gesehen, dass die deduktiven Modelle bestimmte Anforderungen erfüllen. Welche sind das? Zunächst erfüllten sie natürlich die allgemeinen Zusammenhänge des qualitativen Modells und die quantitativen Zusammenhänge des qualitativen Modells mit Variablen. Darüber hinaus wird der Wert der Variablen so gesetzt, dass eine bestimmte Bedingung, die im qualitativen Modell vorgegeben ist erfüllt wird. In unserem Beispiel war diese Bedingung, dass die Gesamttransportkosten minimal sind. Dies wird mit einer Optimierung erreicht.¹⁸⁴

Definition 13. *Optimierung* bedeutet, dass die Variablen in einem System so gesetzt werden, dass der Optimierungsparameter je nach Fragestellung minimal oder maximal ist. Mathematisch formuliert wird das gegebene Gleichungssystem inklusive der Ableitung der Zielfunktion, die den Optimierungsparameter enthält, gelöst. Das Gleichungssystem enthält auch Nebenbedingungen, welche die anderen gegebenen Zusammenhänge repräsentieren. Der Optimierungsparameter beziehungsweise die Zielfunktion kann auch kompliziertere Funktionen mehrerer Variablen enthalten.

In unserem Zusammenhang spielen Optimierungsprobleme eine große Rolle, da wir annehmen, dass Siedlungssysteme grundsätzlich die beste mögliche Lösung hinsichtlich eines relevanten Parameters und unter bestimmten Rahmenbedingungen darstellen. Diese zentrale Prämisse ist die Voraussetzung für jegliche Erforschung der anthropogenen Komponente von Siedlungsstrukturen und ist auch erfüllt, wenn der relevante Parameter eine möglichst geringe Veränderung ist. Gingen wir hingegen von rein arbiträren Prozessen aus, so gäbe es keinen Forschungsgegenstand. Die Fragen danach, welcher der relevante Parameter ist und welche Rahmenbedingungen von Bedeutung sind, können durch den Vergleich deduktiver und induktiver Siedlungsmodelle geklärt werden.

In der Archäologie wird gelegentlich angezweifelt, dass Optimierungen in prähistorischer Zeit erfolgten. Sicher wird man zustimmen können, dass die erforderlichen Kenntnisse und vielleicht auch eine ‚ordnende Hand‘ für die Optimierung von Systemen anhand globaler Variablen eher unwahrscheinlich sind. Doch oft, so auch in unserem Fall, setzt sich diese globale Variable als Summe aus Einzelvariablen zusammen. Die Entscheidung, auf welchem Wochenmarkt Güter erworben werden, kann jedes Individuum prinzipiell selbst treffen. Dem prähistorischen Menschen die Kompetenz und

184 Bronstein und Semendjajew 1989, Ergänzungsband 123–155; Eck, Garcke und Knabner 2008, 59–63.

den Willen zur günstigsten Entscheidung abzusprechen scheint mir sehr fragwürdig. Relevanter ist die Frage danach, welche Parameter die Grundlage der Entscheidungen bilden. Diese Auswahl mag uns wenig rational erscheinen, bildet aber dennoch die Prämisse für einen Optimierungsprozess. Bei der Zuweisung von entscheidungsrelevanten Parametern sollte Vorsicht walten. Grundsätzlich gilt es diese nicht vorauszusetzen, sondern empirisch zu ermitteln.

3.3.6 Dezentralität und Marginalität

Dezentralität beziehungsweise Marginalität sind zwei Aspekte, die untrennbar mit Zentralität verbunden sind. Dezentralität bedeutet, dass ein Ort weniger Interaktionen aufweist als durch die Bevölkerungszahl zu erwarten ist. Insbesondere bei größeren Orten kann Dezentralität ein wichtiges Charakteristikum sein. Das kann verschiedene Ursachen haben. Ein Ort kann aus politischen Gründen gezielt isoliert werden. Das betrifft überregionale Zusammenhänge und damit Netzwerkzentralität im Zusammenhang mit Handelsblockaden oder lokale Zusammenhänge bei Belagerungen. Isolierung kann aber auch bewusst vom betreffenden Ort herbeigeführt werden, wenn Schutz ein primäres Interesse ist.

Prinzipiell vorstellen können wir uns auch eine isolierte Großsiedlung, die kein Hinterland beziehungsweise kein größeres Territorium besitzt. Entweder bestehen einfach keine Kontakte oder die Umgebung ist siedlungsleer. In letzterem Fall können wir von Marginalität aber nicht von Dezentralität sprechen. Hier gibt es schlichtweg nichts, für das die Siedlung zentral sein könnte. Demnach wird Dezentralität als inverse Zentralität und Marginalität als Nichtzentralität aufgefasst.

Von Dezentralität unterscheiden müssen wir auch den Sachverhalt der suboptimalen Lage. Wenn die Lage zentraler Orte nicht im Sinne Christallers distanzoptimiert ist, so ist der Ort nicht dezentral im Sinne unserer Zentralitätsdefinition sondern, lediglich geometrisch dezentral. Dieser Unterschied führt vielfach zu Missverständnissen und wird auch in Christallers Arbeit nicht kohärent gehandhabt.¹⁸⁵

Für unsere Fragestellungen ist der Begriff der Marginalität sehr nützlich, wie das obige Beispiel zeigt. Marginal ist ein Ort, wenn er eine geringe absolute Bedeutung aufweist. Marginal ist eine Lage beziehungsweise die Lokation eines Ortes, wenn das Zentralitätspotential an dieser Stelle gering ist.

185 Heinritz 1979, 13–17.

3.4 Klassifikation von Zentralität und zentralen Orten

Klassifikationen sind in der Regel eine wesentliche Voraussetzung wissenschaftlicher Aussagen. Will man über die wenig aussagende und oft strittige Feststellung, ob eine Siedlung ein Zentralort ist oder nicht hinaus, so müssen geeignete Klassifikationen gefunden werden. Gemäß unserer Definition von Zentralität setzen wir mit der Klassifikation an der Interaktion an.

3.4.1 Interaktionszweck

Worauf ist die Interaktion ausgerichtet? Zunächst können wir den Gegenstand der Interaktion ins Auge fassen und folgende Unterscheidungen einführen:

1. Information
2. Güter
3. soziale Sachverhalte
4. gemeinsame Aktivitäten
5. physische Manipulation

Der Austausch von Informationen, also Kommunikation, ist sicher einer der wichtigsten Interaktionszwecke und stellt eine Interaktionsart dar, die viele andere Interaktionen begleitet. Auch der Austausch von Gütern, seien es nun Handel, Raub oder Geschenke, wird von Kommunikation begleitet. Bei den sozialen Sachverhalten wird unter anderem an Prestige oder Herrschaft zu denken sein, aber hiermit ist das soziale Feld nicht erschöpft. Täglich haben wir unsere sozialen Rollen neu auszuhandeln und zwar mit Hilfe unterschiedlicher Interaktionen, die auch hier entweder Kommunikation sind oder von dieser begleitet werden. Gemeinsame Aktivitäten sind eine umfassende Formulierung für kooperative Aktionen. Gemeinsam lassen sich viele Ziele eher erreichen als ohne die Hilfe anderer. Diese Zusammenarbeit ist sicher auch ein wichtiger Antrieb für Interaktion. Physische Manipulationen umfassen im positiven Bereich medizinische Behandlungen oder Tätowierungen und im negativen Bereich Gewaltanwendung. Eine weitere Klassifikation kann die bekannten zentralen Funktionen beinhalten:¹⁸⁶

186 Gringmuth-Dallmer 1996.

1. Handel
2. Herrschaft
3. Schutz
4. Produktion und Rohstoffgewinnung
5. Kult

Die einzelnen Funktionen lassen sich, in Abhängigkeit von den verfügbaren Informationen, weiter untergliedern. Hierbei können beispielsweise die verhandelten oder produzierten Objekte die diagnostischen Merkmale sein.

3.4.2 Interaktionsform

Die Interaktionsform lässt ebenfalls unterschiedliche Klassifikationen zu. So kann etwa ihre Richtung betrachtet werden:

1. asymmetrische Interaktion. Diese ist einseitig: Der primäre Interaktionspartner verteilt, stellt dar oder übt Macht aus. Der sekundäre Partner empfängt das Gut oder die Information oder erleidet Machtausübung.
2. symmetrische Interaktion. Diese ist zweiseitig: Die beiden Partner verhandeln über Rollen, Güter, bewusste oder unbewusste Standards oder tauschen Informationen, Güter oder Dienstleistungen aus. Das Verhandeln über Standards oder der Tausch von Informationen kann bewusst, aber ebenso auch unbewusst erfolgen. In die Kategorie des Tausches fällt letztlich auch die Administration. Einer Handlungsinitiation, die meistens in Form einer Information übermittelt wird, steht die Ausführung der Handlung, wie das Aushändigen der Steuer als Gegenleistung gegenüber.

Während wir für Analysen und manche theoretischen Konzepte symmetrische Interaktionen in atomare asymmetrische Interaktionen aufgliedern können, so stellen die beiden Typen doch ihrem Wesen nach unterschiedliche Interaktionsarten dar.

Eine Interaktion geht vom primären Interaktionspartner aus, der diese intendiert. Der sekundäre Partner kann auch anders dazu stehen, wie etwa Übergriffe verdeutlichen:

1. erwünschte Interaktion

2. unerwünschte Interaktion

Schließlich können die Transportformen unterschieden werden:

1. Kommunikation. Der primäre Interaktionspartner begibt sich nicht zu dem sekundären Partner, sondern übermittelt Informationen über Kanäle wie visuelle Kommunikation oder Telekommunikation.
2. Personentransport. Der primäre Interaktionspartner kann sich beispielsweise zum Zweck der persönlichen Kommunikation zu seinem sekundären Interaktionspartner begeben.
3. Warentransport. Statt Informationen können natürlich auch Waren ausgetauscht werden. Das kann der primäre Interaktionspartner oder ein Dritter durchführen. Hier wird deutlich, dass es sich nur um Idealtypen handelt, die komplexe reale Sachverhalte vereinfacht abbilden.

Auch die Organisation der Interaktion kann sich unterscheiden:

1. individuelle Interaktion. Hierbei wird der Transport für jedes Interaktionsvorhaben separat durchgeführt.
2. gebündelte Interaktion. Die Transporte werden hierbei synchronisiert.

3.4.3 Interaktionsknoten

Bei der Klassifikation der Interaktionsknoten liegen naturgemäß Überschneidungen mit jener der Interaktionskanten vor. So können wir auch hier eine Unterscheidung nach zentralen Funktionen durchführen:

1. Handel
2. Herrschaft
3. Schutz
4. Produktion und Rohstoffgewinnung
5. Kult

Während Interaktionsknoten tatsächlich natürlich Personen sind, ist bei dem Vorliegen von Gemeinsamkeiten auch eine Übertragung auf den Ort möglich. Zusammenhänge zwischen diesen Gemeinsamkeiten sind wie die folgenden Beispiele zeigen alltäglich.

1. Orte mit zeitlich synchronisierten Interaktionen. Zu denken ist hier etwa an Wochenmärkte. Die Interaktionspartner sind zum Tausch von Waren an einem bestimmten Zeitpunkt zu einem bestimmten Ort gekommen, der hierdurch hervor gehoben wird.
2. Orte mit Interaktionen spezieller Zwecke. Unser Beispiel des Wochenmarktes ist auch hier anwendbar. Aber auch ein Rathaus, das für bestimmte Verwaltungsaufgaben vorgesehen ist, ist zu denken.
3. Orte mit Interaktionen spezieller Personen. Und auch hier können wir wieder das letzte Beispiel aufgreifen. Das Rathaus eignet sich zum Treffen des Bürgermeisters wie eine Arztpraxis zum Aufsuchen des Arztes.

3.4.4 Interaktionsknotenverteilung

Haben wir soeben die Eigenschaften der Interaktionsknoten selbst betrachtet, so untersuchen wir nun ihre Lage. Es handelt sich um das Problem der Punktmusterklassifikation. Allgemein werden drei Typen unterschieden:

1. regelmäßig
2. zufällig
3. gruppiert

Im Fall der Gruppierung kann eine weitere Klassifikation anhand von Verteilungsmodellen erfolgen, die an den jeweiligen Zentren ansetzen. Da sehr viele Verteilungsmodelle möglich sind, sollen hier keine Klassen aufgeführt werden. Grundsätzlich werden Punktmuster, die nicht zufällig sind, als Interaktionsindikatoren interpretiert, da jeder neu hinzugefügte Punkt die Lage der bereits vorhandenen Punkte berücksichtigt.

3.4.5 Netzstruktur

Netz- beziehungsweise Organisationsstrukturen zählen sicher zu den wichtigsten Aspekten der Klassifikation von Zentralität. Sie liefern uns einen kleinen Einblick in die

Prozesse, die der Bildung von Siedlungsstrukturen zugrunde liegen und erlauben einen Vergleich der Siedlungsstrukturen. Netzstrukturen sind insbesondere deshalb nützlich, da die netzwerktheoretischen Ansätze auf ihnen beruhen und auch die christallerische Theorie sich Netzstrukturen bedient, also sich ohne Zwang in eine entsprechende Netzwerktaxonomie eingliedern lässt. Die Faktoren, die einen großen Einfluss auf die Bildung der Organisationsstrukturen aufweisen, wurden oben besprochen. Es handelt sich um das Fehlen von Synergien und das Auftreten von Orts- sowie Transportsynergien. Bei der Wahl des Klassifikationsverfahrens und der Klassifikationsstruktur sind diese Faktoren zu bedenken. Ebenso ist es aber auch wichtig zu bedenken, welche Daten und Analysemethoden verfügbar sind. Am sinnvollsten erscheint es, eine prädefinierte monohierarchische Klassifikation mit weitgehend isomorphen Zweigen für vier wesentliche Parameter und anschließender individueller Untergliederung zu verwenden. Diese Klassifikation enthält idealtypische Klassen, die einerseits kaum in Reinform existieren und andererseits vielfach überlagert werden. Die klassifikationsleitenden Fragen, die gleichzeitig die Klassifikationsniveaus repräsentieren sind (Abb. 27):

1. Organisationstyp. Lassen sich durch Bündelungen Kosten sparen?
2. Organisationsgegenstand. Liegen Orts- oder Transportsynergien vor?
3. Distanzrelevanz. Dominieren Wege- oder Zugangskosten?
4. Kopplungsgrad. Werden Kosten durch Verwendung einer einheitlichen Struktur gespart?

Die Fragen sind kostenorientiert formuliert. Dies ist einerseits als Grundlage des Optimierungsprozesses notwendig, impliziert andererseits aber keine rein ökonomische Betrachtungsweise, da die Kosten abstrakt aufgefasst werden. Die sich ergebende Klassifikation ist folgende (Abb. 27):

a Hierarchie. Hierbei handelt es sich um Strukturen mit Über- und Unterordnung.

b Heterarchie. Dieses sind Netze ohne Über- und Unterordnung also ohne Zentren. Die Verteilung der Ortsgrößen und Interaktionsintensitäten ist demnach weitgehend ausgewogen.

aa Knotenhierarchie. Ist der Einfluss der fixen Transportkosten eher gering, so bildet sich in einem Optimierungsprozess eine Hierarchie der Knoten, also der Orte. Es kommt zur Konzentration von Interaktionsknoten an einem Ort. Wir können hier von verallgemeinerter Christaller-Zentralität sprechen.

ab Kantenhierarchie. Ist der Einfluss der fixen Transportkosten eher hoch, so bildet sich in einem Optimierungsprozess eine Hierarchie der Kanten, also der Verkehrswege. Es kommt zur Bündelung von Interaktionen. Wir können hier von Netzwerkzentralität sprechen.

aaa distanzbasiertes Knotenhierarchie. Ist das Verhältnis der variablen Wegekosten zu den Zugangskosten eher hoch, spielt die Distanz also eine große Rolle, so kommt es zu Netzen mit kurzen Kanten und einem geringen räumlichen Überlappungsgrad. In Monohierarchien sind die jeweils nachfolgenden Knoten räumlich klar voneinander getrennt.

aab nicht distanzbasierte Knotenhierarchie. Ist das Verhältnis der variablen Wegekosten zu den Zugangskosten eher gering, spielt die Distanz also eine geringe Rolle, so kommt es zu Netzen in denen auch längere Kanten vorkommen und einem höheren räumlichen Überlappungsgrad.

aba distanzbasiertes Kantenhierarchie. Ist das Verhältnis der variablen Wegekosten zu den Zugangskosten eher hoch, spielt die Distanz also eine große Rolle, so kommt es zu Netzen mit kurzen Kanten, die charakteristisch für Etappenhandel sind.

abb nicht distanzbasierte Kantenhierarchie. Ist das Verhältnis der variablen Wegekosten zu den Zugangskosten eher gering, spielt die Distanz also eine geringe Rolle, so kommt es zu Netzen mit langen Kanten, die charakteristisch für Fernhandel sind.

aaaa distanzbasiertes Knotenmonohierarchie. Ist der Kopplungsgrad hoch, so entsteht eine einheitliche, distanzoptimierte Struktur. Es handelt sich hierbei um eine räumliche Monohierarchie, wie sie Christallers Theorie entspricht. Eine weitere Untergliederung anhand Christallers k-Werten kann vorgenommen werden.

aaab distanzbasiertes Knotenpolyhierarchie. Ist der Kopplungsgrad gering, so besteht mehrere distanzoptimierte Strukturen parallel und bilden eine räumliche Polyhierarchie.

aaba nicht distanzbasierte Knotenmonohierarchie. Ist der Kopplungsgrad hoch, so entsteht eine einheitliche Struktur. Es handelt sich hierbei um eine räumliche Monohierarchie, nicht aber um eine Christaller-Struktur.

aabb nicht distanzbasierte Knotenpolyhierarchie. Ist der Kopplungsgrad gering, so besteht mehrere Strukturen parallel und bilden eine räumliche Polyhierarchie.

abaa distanzbasiertes Kantenmonohierarchie. Ist der Kopplungsgrad hoch, so wird die Pfadlänge des Verkehrssystems minimiert und es entsteht eine Baumstruktur mit kurzen Pfaden.

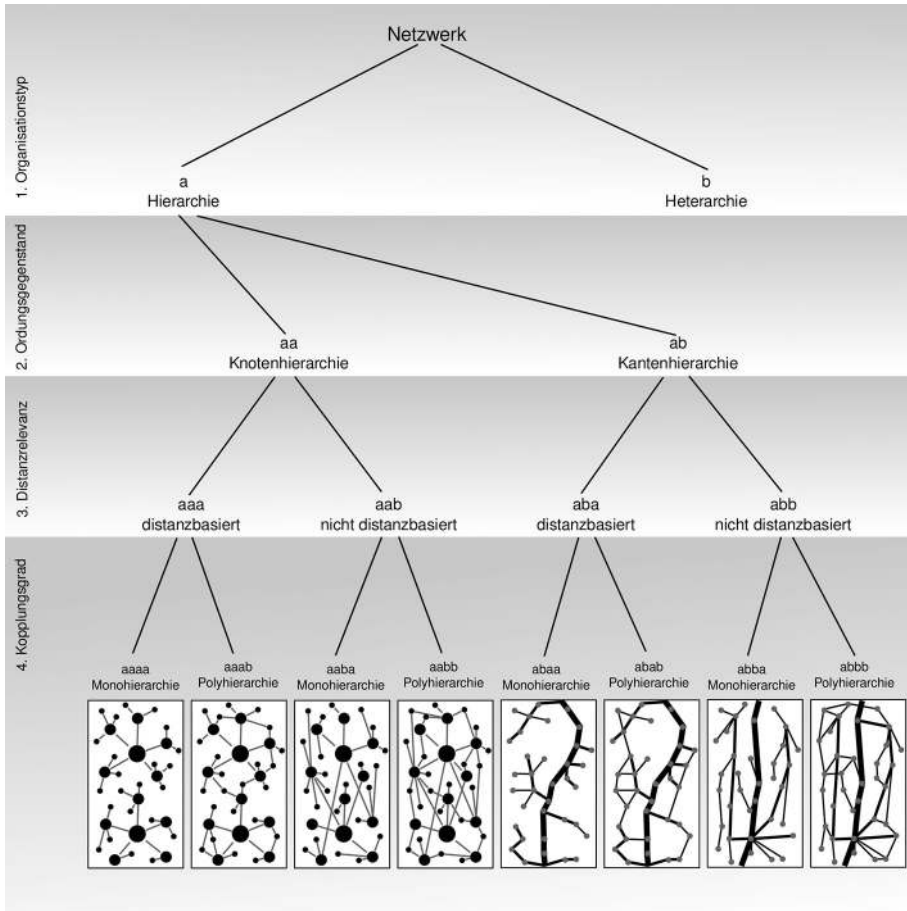


Abb. 27 Schema der Klassifikation von Netzstrukturen.

abab distanzbasiertes Kantenpolyhierarchie. Ist der Kopplungsgrad gering, so entstehen zyklische Netzwerke mit kurzen Pfaden.

abba nicht distanzbasiertes Kantenmonohierarchie. Ist der Kopplungsgrad hoch, so wird die Pfadlänge des Verkehrssystems minimiert und es entsteht eine Baumstruktur mit langen Pfaden.

abbb nicht distanzbasierte Kantenpolyhierarchie. Ist der Kopplungsgrad gering, so entstehen zyklische Netzwerke mit langen Pfaden.

Den einzelnen Hierarchieebenen dieser Taxonomie liegen prinzipiell ordinal- oder intervallskalierte Parameter zugrunde. Eine Unterteilung in jeweils zwei Klassen stellt die einfachste Struktur dar, womit der mäßigen Datengrundlage in der Archäologie

Rechnung getragen wird und wodurch eine gute Vergleichsgrundlage gegeben ist. Können nicht alle Niveaus der Klassifikation beurteilt werden, so kann ein Vergleich auch auf die höheren Klassifikationsniveaus beschränkt werden. Liegt jedoch eine außerordentlich gute Datengrundlage vor, so können jeweils höhere Klassenanzahlen verwendet werden.

Weniger vergleichstauglich, aber gut als Klassifikationsgrundlage geeignet ist eine Vektordarstellung der vier Parameter mit unscharfen Mengen.¹⁸⁷ Hierbei wird im Intervall von 0 bis 1 angegeben, welchen der beiden Idealtypen die realen Daten näher stehen. Durch eine Defuzzifizierung wird ein derartiger Vektor in die oben beschriebene oder eine ähnliche Klassifikation überführt.

187 Zadeh 1965.

4 Methoden der Zentralortforschung

4.1 Empirische Daten

Zunächst gilt es einen Blick auf die prinzipiell verfügbaren archäologischen Daten zu werfen. Hierbei unterscheiden wir zwischen Knoten, Kanten und Strukturen. In dieser Reihenfolge nimmt die Verfügbarkeit ab.

4.1.1 Interaktionsknoten

Zunächst sind hier Interaktionsanzeiger zu nennen: Als wichtigste Quelle zeigen Importfunde eine Interaktion mit fernen Gebieten an. Unter Importfunden verstehen wir hier Objekte fremder Herkunft, Objekte also, die an einem anderen als dem Auffindungsort hergestellt wurden. Der Begriff impliziert im vorliegenden Band keinen bestimmten Austauschmechanismus und setzt keinen Handel voraus. Verschieden Fundtypen indizieren gemeinsame Handlungen. Benutzte Waffen wie abgebrochene Pfeilspitzen zeigen, wenn Jagd ausgeschlossen werden kann, eine kriegerische Interaktion. Aber auch Kultgeräte und Prestigegüter sind als Interaktionsanzeiger zu werten. Das gleiche gilt für Produktionsanlagen. Es können aber auch einige Proxys verwendet werden. So kann die Anzahl von Personen oder Institutionen sowie die Ortsgröße in einem bestimmten Verhältnis zur Anzahl der Interaktionsknoten stehen. Bei vollständig ausgegrabenen Siedlungen wird man auch die Anzahl der Funde oder Befunde verwenden können. Teilergrabene Siedlungen hingegen legen die mit Vorsicht zu verwendende Funddichte nahe.

Die Probleme liegen auf der Hand. Unsere Quellen sind unvollständig und wir können nur einen kleinen Bruchteil der Interaktionen erfassen. In vielen Fällen ist auch die Gewichtung der Quellen schwierig. Importfunde lassen sich zählen, Produktionsabfälle ergeben selten eine entsprechend konkrete Information.

4.1.2 Interaktionskanten

Interaktionskanten setzen deutlich mehr Informationen voraus als Interaktionsknoten. Hier muss die Lage beider Knoten bekannt sein. Das ist allenfalls bei Importfunden bekannter Herkunft gegeben. Ob die Produktionswerkstatt oder nur die Produktionsregion bekannt sein muss, hängt von der Skalierung der Analyse ab. Eine Herkunftsangabe lässt sich prinzipiell sowohl typologisch wie auch naturwissenschaftlich gewinnen.

4.1.3 Interaktionsstrukturen

Interaktionsstrukturen lassen sich zunächst aus Interaktionsknoten und -kanten ableiten. Ergänzend können Interaktionsräume, also Territorien abgeschätzt und Siedlungshierarchien rekonstruiert werden. Diesen beiden Ansätzen kommt in dem Maße Bedeutung zu, in dem Informationen zu Interaktionskanten fehlen.

4.2 Naturräumliche Rahmenbedingungen

Siedlungsstrukturen sind bedingt durch Naturraumfaktoren. Wenngleich dies nur einer der relevanten Faktoren ist, so gilt es doch die Naturraumfaktoren und ihren Einfluss auf die Siedlungsmuster zunächst näher zu untersuchen. Sie bilden die Rahmenbedingungen der folgenden Analysen. Ziel der Naturraumuntersuchung ist eine Modellierung einer lediglich naturraumbedingten Verteilung der Bevölkerung. Wir können von einer *naturraumgewichteten Bevölkerungs gleichverteilung* sprechen. Die wirkenden Faktoren sind unter anderem das Relief, das Gewässersystem und die Wasserversorgung, Rohstoffvorkommen, Bodenbeschaffenheit und Klima. Grundsätzlich dürfen für keinen dieser Parameter Daten aus der Gegenwart übertragen werden. Das Relief hat sich durch Baumaßnahmen sowie natürliche und anthropogene Erosion verändert.¹⁸⁸ Das Gewässernetz hängt einerseits vom Relief und dem Wasserzufluss ab und wird andererseits durch menschliche Eingriffe manipuliert und ist Meerestransgressionsprozessen ausgesetzt. Die Rekonstruktion des ursprünglichen, also des zum betrachteten Zeitpunkt existierenden Zustandes kann in manchen Fällen mit der erforderlichen Genauigkeit relativ einfach sein. In anderen Fällen ist die Reliefveränderung schwer abzuschätzen. Problematisch sind im Allgemeinen Klima und Boden. In gewissen Umfang kann es hier sinnvoll sein relative Werte zu betrachten. Die Annahme, die dem zugrunde liegt, ist, dass der Kontrast zwischen Gebieten mit guten und schlechten Böden weitgehend konstant ist. Entsprechendes gilt für das Klima. Wo allerdings die Grenzen der Gültigkeit liegen, kann im Einzelfall schwer zu beurteilen sein.

¹⁸⁸ Vgl. Meyer 1999.

Die Naturraumdaten sollen also dazu verwendet werden, die prähistorische Siedlungsdichte zu konstruieren. Hierbei soll die Siedlungsdichte so sein, dass eine optimale Nahrungsversorgung gewährleistet ist. Hierbei können die Methoden der Archäoprognose eingesetzt werden.¹⁸⁹ Grundsätzlich können zwei Ansätze unterschieden werden. Der induktive Ansatz versucht anhand der empirischen Siedlungsverteilung die dominanten Naturraumfaktoren und ihre Merkmalsausprägung zu ermitteln. Faktoranalytische Ansätze können hierbei eine Rolle spielen. Die entsprechenden Merkmalskombinationen können nun als Gunstlagen kartiert werden, woraus sich ein Siedlungsbild ableiten lässt, wobei die Methode des Regressionskriging nützlich sein kann. Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass er durch die empirische Kalibrierung eine relativ große Realitätsnähe gegeben ist. Ein Nachteil ist, dass die Siedlungsstruktur das Resultat von Zentralisierungsprozessen ist und somit das Ergebnis nur bedingt als naturraumgewichtete Bevölkerungsgleichverteilung angesehen werden kann. Dem ist entgegenzuhalten, dass insbesondere die Ortsgröße als dominantestes Merkmal zentraler Orte nicht in die Analyse eingeht und Zentralität die Naturraumpräferenz nur in Maßen beeinflussen wird. Ein weiterer Nachteil ist, dass auch die Siedlungsgunstkarte durch eine Kalibrierung anhand gut untersuchter Gebiete in eine Siedlungsdichtekarte umgewandelt werden muss.

Der deduktive Ansatz versucht durch die theoriegeleitete Auswahl von Merkmalskombinationen siedlungsgünstige Gebiete zu ermitteln. Hier können ethnographische und volkskundliche Beobachtungen, historische Aufzeichnungen und Experimente sowie naturwissenschaftliche Kenntnisse zu relevanten Sachverhalten als Grundlage dienen. Die Vorteile dieses Ansatzes bestehen darin, dass keine Kalibrierung nötig ist, ein überregionaler Vergleich einfacher ist und sich teilweise absolute Zahlen der Bevölkerungs- und Siedlungsdichte anhand der zugrunde liegenden Zusammenhänge ermitteln lassen. Der Nachteil ist offensichtlich: Die theoretisch ermittelten Parameter müssen nichts mit den realen Verhältnissen zu tun haben.

4.3 Methoden zur Untersuchung von Interaktionsknoten

4.3.1 Klassifikation

Bei der Klassifikation lassen sich zwei Wege verfolgen. Es kann eine prädefinierte Klassifikation, wie sie oben angegeben wurde, verwendet werden. Man kann jedoch auch mit Mitteln der numerischen Klassifikation nach natürlichen Gruppen suchen. Prädefinierte Klassen haben den Nachteil, dass sie eine Klassifikationsstruktur vorgeben, die

189 Kamermans, Leusen und P. Verhagen 2009; Kunow und J. Müller 2003; Kunow, J. Müller und Schopper 2007; Verhagen 2007.

möglicherweise nicht den empirischen Daten angemessen ist. Sie haben jedoch bei einer schlechten Datengrundlage den Vorteil, dass die Klassifikationsstruktur nicht durch die Daten beeinflusst wird. Hier dient die Klassifikation als heuristisches Werkzeug, um auch auf der Basis unzulänglicher Daten Vergleiche durchführen zu können. Die Klassifikation ist ein Beobachtungsraster, das Details ausblendet. Ist die Rasterweite im Vergleich zu den auftretenden Fehlern groß, so sind die Resultate verwertbar.

4.3.2 Prädefinierte Klassen

Die Klassifikation erfolgt anhand der archäologischen Funde und Befunde. Zunächst können die zentralen Funktionen nach Gringmuth-Dallmer unterschieden werden:¹⁹⁰

1. Handel. Funde: Importgüter, Geld und äquivalente Tauschmittel, Feinwaagen und Gewichte, Verpackungs- und Beschriftungsmaterial; Befunde: Marktplatz, Geschäfte.
2. Herrschaft. Funde: Prestigefunde, Statussymbole, Zollabgaben; Befunde: Palastbauten und andere Gebäude weltlicher Repräsentation und Administration.
3. Schutz. Funde: Waffen, die auf größere und organisierte Kampfverbände hinweisen; Befunde: Befestigungsanlagen, Wachtposten.
4. Produktion und Rohstoffgewinnung. Funde: Halbfertigfabrikate, Produktionsabfälle, Rohstoffe, Produktionsmittel, Werkzeuge; Befunde: Werkstätten, Produktionsanlagen, Rohstoffquellen.
5. Kult. Funde: kultische Gegenstände; Befunde: Heiligtümer.

Da die einzelnen zentralen Funktionen unabhängig voneinander vorkommen können und wenn wir lediglich unterscheiden, ob die Funktionen belegt sind oder nicht ergeben sich 32 unterschiedliche Klassen. Statt komplexe Bezeichnungen zu wählen bietet es sich an einen Vektor boolescher Werte als Klassenbezeichnung zu wählen. Dieser könnte für ein unbefestigtes Handels- und Administrationszentrum (1,1,0,0,0) lauten.

Eine weitere Klassifikation nimmt einen etwas anderen Blickwinkel ein:

1. Orte mit zeitlich synchronisierten Interaktionen. Der archäologische Nachweis dieser Orte ist problematisch, da die feinstchronologischen Nutzungsschwankungen

190 Gringmuth-Dallmer 1996.

nur in Ausnahmefällen erkennbar sein dürften. Saisonale Märkte lassen sich mitunter identifizieren, wie das Beispiel Ribe zeigt.¹⁹¹ In der Regel wird man darauf angewiesen sein die Nutzung aufgrund äußerer Gegebenheiten, wie Hochwasser oder unzureichende Wasserversorgung zu bestimmten Zeiten auszuschließen.

2. Orte mit Interaktionen spezieller Zwecke. Hier lassen sich die Orte nennen, an denen nur einzelne oder wenige zentrale Funktionen nachgewiesen wurden und Kenntnislücken unwahrscheinlich sind.
3. Orte mit Interaktionen spezieller Personen. Es handelt sich bei dieser Klasse in erster Linie um Residenzen und ähnliches, die anhand repräsentativer Bauten erkannt werden können. Ferner zählen zentrale Kultstätten hinzu, die der Interaktion mit einem hervorgehobenen Priester oder ähnlichem dienen. Denkbar sind natürlich auch Orte, an denen herausragende Handwerker tätig sind.

4.3.3 Numerische Klassifikation

Die numerische Klassifikation verwendet die gleichen, schon mehrfach angeführten archäologischen Funde, die als Indikatoren zentraler Orte oder zentraler Funktionen verwendet werden.¹⁹² Es besteht jedoch noch kein Klassifikationschema, also keine Definition der Klassen. Ausgehend von dem Gedanken, dass Klassen gewissermaßen durch einen Idealtyp repräsentiert werden können, von dem sie sich die Merkmale der realen Objekte normalverteilt unterscheiden, kann angenommen werden, dass die Fundfrequenz von Objekten, die den Idealtypen gleichen höher ist als bei Objekten, die ihnen nicht beziehungsweise weniger gleichen. Natürliche Gruppen sollten sich also durch empirische Analysen des Vorkommens der Merkmale der Objekte ermitteln lassen. In univariaten Datenbeständen können natürliche Klassengrenzen anhand lokaler Belegungsminima oder elaborierterer Methoden ermittelt werden.¹⁹³ Methoden, die merkmalsgestützte Objektgruppierungen an multivariaten Daten vornehmen, bezeichnet man als Clusteranalysen.¹⁹⁴ Die Wahl des richtigen Clusteranalyseverfahrens ist ein entscheidender Schritt, da die Ergebnisse stark voneinander abweichen können. Die richtige Wahl hängt von der Fragestellung und den verfügbaren Daten ab (Abb. 28).

191 Feveile 2006.

192 Sneath und Sokal 1973.

193 Z. B. Jenks 1967.

194 Abonyi und Feil 2007; Aldenderfer und Blashfield 1984; Backhaus u. a. 2000, 490–555; Bortz 1984, 684–705; Cutsem 1994; Everitt u. a. 2011; Har-

tigan 1975; Höppner, Klawonn und Kruse 1997; Jain, Murty und Flynn 1999; Kaufman und Rousseeuw 1990; Milligan und Cooper 1987; Mirkin 1996; Nakoinz 2013a; Romesburg 2004; Sneath und Sokal 1973; Steinhausen und Langer 1977.

Der erste Schritt ist die Entscheidung zwischen Objekt- und Merkmalsgruppierung (Abb. 28). Letztere führt zu faktoranalytischen Ansätzen wie der Korrespondenzanalyse oder der Hauptkomponentenanalyse. In unserem Fall aber geht es um eine Objektgruppierung, was zur Methodengruppe der Clusteranalysen führt. Wenn sich hinter den vorliegenden Merkmalen latente Merkmale verstecken wird zunächst eine Korrespondenzanalyse durchgeführt um diese sichtbar zu machen und in der weiteren Analyse verwenden zu können. Das kann sinnvoll sein, wenn wir annehmen, dass die archäologischen Indikatoren letztlich nur Anzeiger der zentralen Funktionen sind. Erwarten wir einen höheren Aussagewert der Indikatoren, so würde dieser Schritt zu einem unerwünschten Informationsverlust führen. Andernfalls sollte die Gruppentrennung in der folgenden Clusteranalyse besser werden.

Anschließend ist zu klären, ob die Analyse in erster Linie Gruppen oder Hierarchien ergeben soll. In unserem Fall können wir von Gruppen ausgehen, da zunächst gänzlich offen ist, ob Hierarchien sich überhaupt abzeichnen. Eine hierarchische Clusteranalyse kann jedoch dennoch nützlich sein, um die Datenstruktur besser kennen zu lernen, um zu überprüfen, ob eine ausgeprägte Hierarchie vorhanden ist und um die Anzahl der Gruppen zu ermitteln. Die Anzahl der Gruppen kann auch mit anderen Methoden abgeschätzt werden.¹⁹⁵ Wenn die Daten keine deutliche Hierarchie erwarten lassen und die Gruppenanzahl bekannt ist, so liefert eine partitionierende Clusteranalyse die besseren Ergebnisse als die hierarchische Clusteranalyse. An dieser Stelle gilt es auch zu entscheiden, ob scharf abgegrenzte oder überlappende Gruppen angestrebt werden.

Nun muss bei hierarchischen Clusteranalysen entschieden werden welches Fusionsverfahren eingesetzt wird. Eine Single-Linkage-Clusteranalyse führt tendenziell zu verketteten Strukturen, da sie jeweils nur das Element einer Gruppe betrachtet, das eine maximale Ähnlichkeit zur Vergleichsgruppe aufweist. Die Average-Linkage-Clusteranalyse, die Complete-Linkage-Clusteranalyse, die Centroid-Clusteranalyse und die Ward-Clusteranalyse bieten jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile (Abb. 28).

Die Wahl einer Metrik beziehungsweise Norm ist nun wieder für beide Typen der Clusteranalyse relevant.¹⁹⁶ Ein wesentlicher Aspekt ist, ob die Belegung der Zentralörtlichen Funktionen oder Zentralortindikatoren durch boolesche oder numerische Werte angegeben wird. Für boolesche Werte eignen sich etwa L₁ (Manhattan) oder insbesondere Jaccard sowie Rogers/Tanimoto. L₂ (Euklid) ist die erste Wahl bei numerischen Werten. In manchen Fällen können aber auch andere Normen sinnvoll sein. Zu nennen sind hier die Canberra-Distanz oder der Korrelationskoeffizient nach Pearson.

195 Everitt u. a. 2011, 126–130.

196 Everitt u. a. 2011, 43–69; Steinhausen und Langer 1977, 51–67.

Wenn einerseits die Merkmale unterschiedlich skaliert sind und andererseits latente Merkmale angenommen werden, also ein Zusammenhang zwischen den Merkmalen vorliegt, der nicht in die Analyse eingehen soll, dann kann die Mahalanobisdistanz eine günstige Wahl sein.

Grundsätzlich ist es eine gute Idee die Ergebnisse der unterschiedlichen Verfahren zu vergleichen. Auch wenn das Verfahren zu bevorzugen ist, das am besten theoretisch auf der Basis der Fragestellung zu begründen ist, so gibt der Vergleich Informationen zur Stabilität der Ergebnisse. Diese ergibt sich aus der jeweiligen Datenstruktur.

Die ermittelten Gruppen sollten nach der Analyse validiert werden. Eine externe Validierung ist nicht ohne weiteres möglich, da wir nicht über entsprechende Parameter verfügen. Wenn wir davon ausgehen können, dass Funde und Befunde zu gleichartigen Gruppierungen führen, dann können wir die Analysen separat durchführen und vergleichen. Das kann aber nicht vorausgesetzt werden und dürfte eher selten der Fall sein. Eine interne Validierung kann mit verschiedenen Kennzahlen durchgeführt werden.¹⁹⁷

4.3.4 Verteilung

Da wir uns im Wesentlichen für Konzentrationen von Interaktionsknoten interessieren, die durch verschiedene Punkttypen repräsentiert werden, ist eine Untersuchung der Punktverteilung der Lage der entsprechenden Funde der erste Schritt der Analysen. Grundsätzlich können wir drei Grundtypen räumlicher Verteilungen unterscheiden, die zufällige Verteilung, die Gleichverteilung und die Ballung beziehungsweise Clusterrung (Abb. 29).

Nachbarschaftsanalysen

Für die Methoden der Punktmusteranalyse ist das Konzept der Nachbarschaft von großer Bedeutung. Zunächst müssen wir metrische von topologischen Nachbarn unterscheiden. Metrische Nachbarn eines Punktes sind die Punkte, die in einer bestimmten Distanz liegen. Hierbei ist der erste Nachbar der Punkt mit der geringsten Distanz. Bis zu einem festgesetzten Schwellenwert des Nachbarschaftsgrades oder der Distanz folgen die weiteren Nachbarn aus der Ordnung der Distanzen. Nun kann es vorkommen, dass ein Nachbar zwischen dem betrachteten Punkt und einem weiteren Nachbarn liegt und letzteren gewissermaßen abschirmt. Der abgeschirmte metrische Nachbar ist in gewissem Sinne nicht als Nachbar aufzufassen, während in einer anderen Richtung der nächste Punkt in weit größerer Distanz liegen kann und als Nachbar angesehen werden sollte. Das Konzept der topologischen Nachbarn berücksichtigt diesen Aspekt.

Zur einfachsten Analyse können metrische Nachbarn verwendet werden. Wir können zum einen die Entfernungen zum jeweils nächsten Nachbarn darstellen. Ein hoher

197 Handl, Knowles und Kell 2005; Milligan 1981.

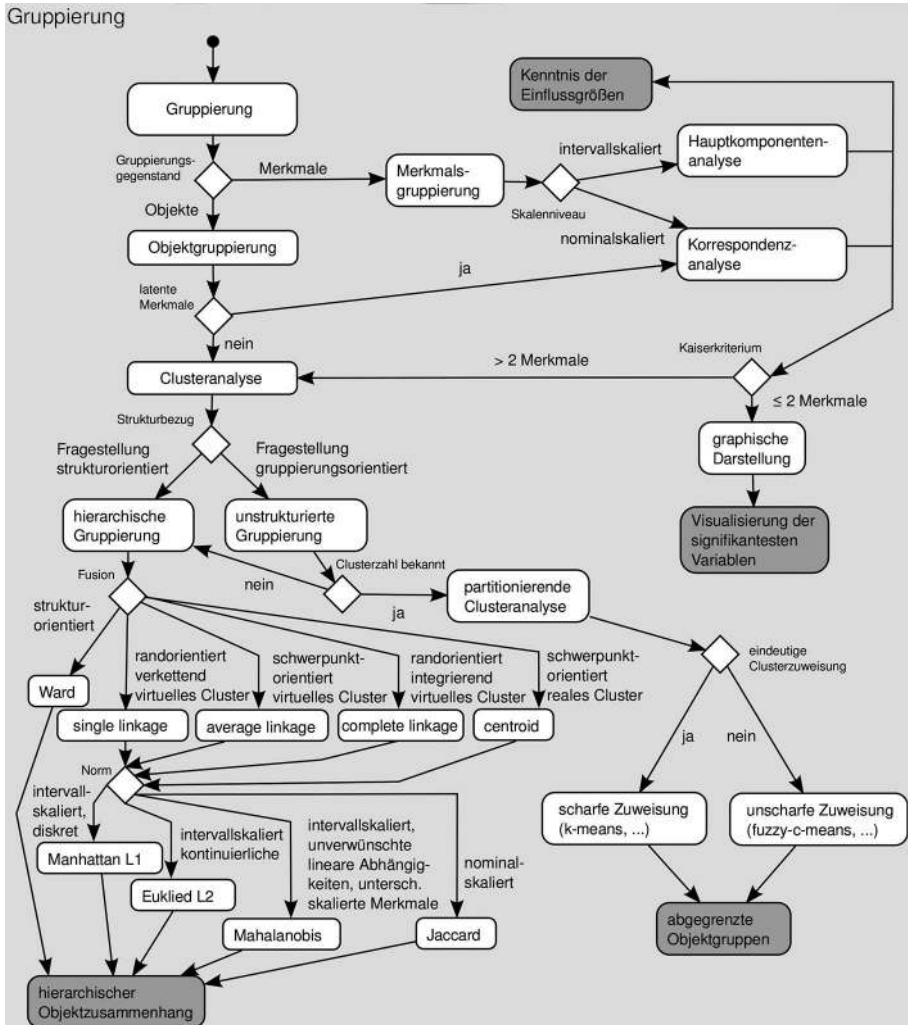


Abb. 28 Vereinfachter Entscheidungsbaum zur Methodenauswahl der Clusteranalyse.

Anteil geringer Distanzen deutet Ballungen an während ein weitgehendes Fehlen eher auf Reglabstände hinweist. Ähnlich können wir mit der mittleren Distanz der topologischen Nachbarn vorgehen. Diese Methode ist robuster, da es beispielsweise Punktpaare nicht als Ballungen auffasst. Nur Punkte, die von allen Seiten mit nahen Nachbarn umgeben sind, liefern sehr geringe Distanzen. Schließlich können wir bei gegebenen Schwellenwert zählen, wie viel Nachbarn ein Punkt besitzt. Hohe Werte zeigen Ballungen an.

I. Punktmusteranalyse 2D

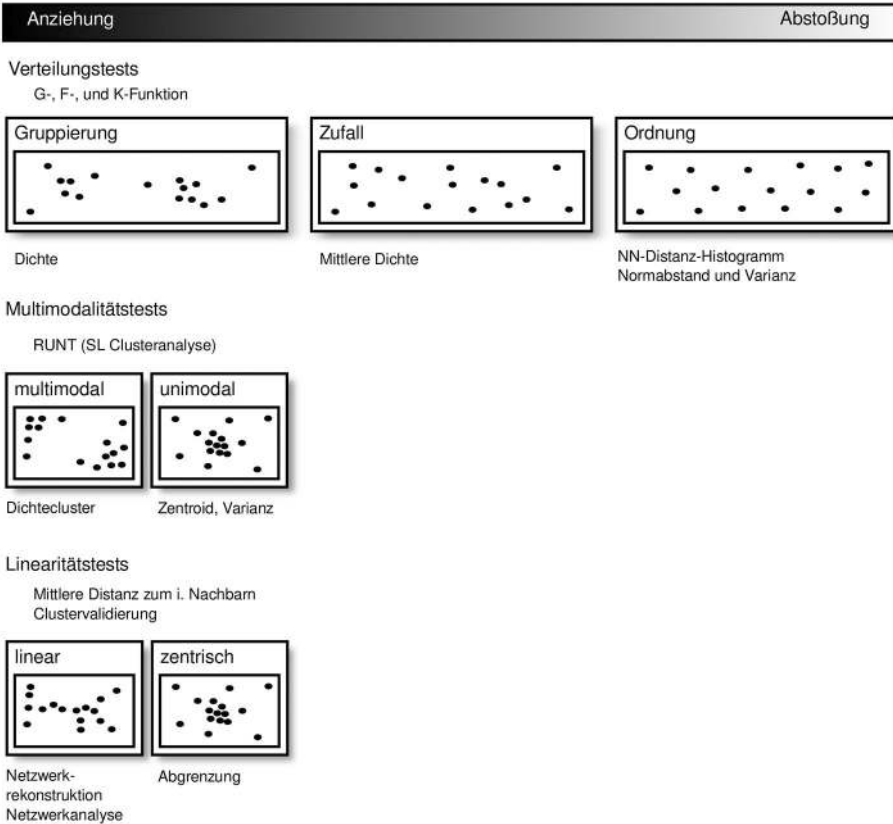


Abb. 29 Die drei Grundtypen von Punktmustern.

CSR-Analyse

Tests auf *complete spatial randomness* (CSR) also auf vollständige räumliche Zufälligkeit bilden den Kern der Verteilungsanalysen. Hierbei kommen verschiedene Funktionen zum Einsatz, die Eigenschaften metrischer Nachbarn verwenden (Abb. 30).¹⁹⁸ Diese Funktionen – wir verwenden G, F und K – sind zunächst als theoretische Funktionen definiert, die für den Fall zufälligen Verteilung gelten. Die assoziierten empirischen Funktionen werden anhand der Daten ermittelt und mit den theoretischen Funktionen verglichen. Abweichungen können entweder eine geordnete Struktur oder eine Struktur mit Ballungen beziehungsweise Clustern bedeuten. Aus der Lage der Kurven zueinander lassen sich diese beiden Möglichkeiten unterscheiden.

198 Bivand, Pebesma und Gómez-Rubio 2008; Ripley 1977; Ripley 1981.

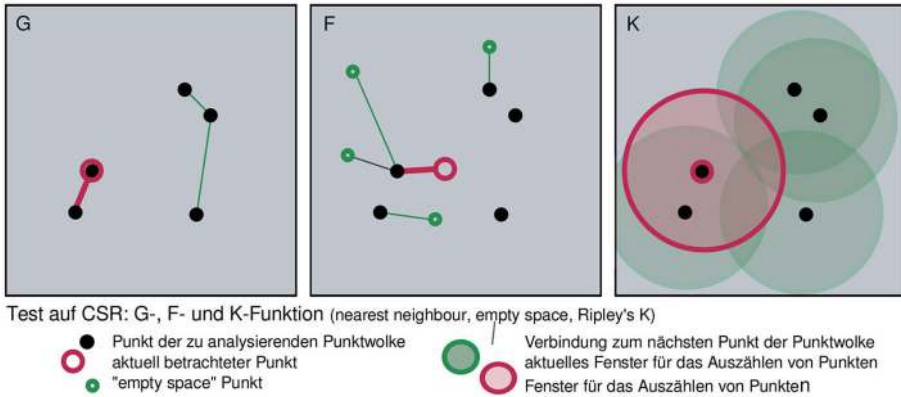


Abb. 30 Schematische Darstellung der Berechnung der G-, F- und K-Funktion.

Es stellt sich die Frage, wann die beiden Kurven voneinander abweichen. Reichen marginale Unterschiede aus? Eine Monte-Carlo-Simulation kann den Kurvenbereich anzeigen, der durch eine zufällige Punktentstehung abgedeckt wird. Auf diese Weise lassen sich die Kurvenverläufe der drei Punktmustertypen deutlich voneinander trennen. Punktmuster mit Ballungen deuten darauf hin, dass eine zentralisierte Organisation zugrunde liegt. Ein geordnetes Punktmuster zeigt hingegen an, dass jeder Interaktionsteilnehmer ein exklusives Territorium benötigt. Das Beispiel der ältereisenzeitlichen Fürstentümer zeigt deutlich, dass hierbei durchaus kontraintuitive Ergebnisse erzielt werden können. Während bei den Fürstentümern oft von einer regelhaften Verteilung ausgegangen wird, so zeigt die quantitative Analyse deutlich, dass auch ein Zufallsprozess zugrunde liegen kann (Abb. 31).

Die G-Funktion betrachtet die Distanz zum nächsten Nachbarn und stellt die Belegung für alle Entfernungsklassen kumulativ dar. Eine ungleichmäßige Nutzung des Arbeitsgebietes wird hier kaum erfasst. Die F-Funktion verwendet hingegen die Distanz von einem Zufallspunkt zum nächsten Datenpunkt, womit auch fundleere Bereiche in die Betrachtung eingehen. Hierbei muss das Arbeitsgebiet allerdings gut abgegrenzt sein. Eine konvexe Hülle gegebenenfalls mit einem Puffer bietet sich als Grenze an. Die K-Funktion zählt für alle Entfernungsschwellenwerte, wie viele Nachbarn innerhalb der entsprechenden Entfernung liegen.

CSR-Analyse mit Gleitfenster

Die bisher durchgeführten Untersuchungen gehen davon aus, dass im Arbeitsgebiet ein einheitliches Punktmuster vorliegt. Das können wir nicht voraussetzen. Deshalb ist es naheliegend eine Gleitfenstertechnik anzuwenden, die jedem Punkt einen Wert zuweist

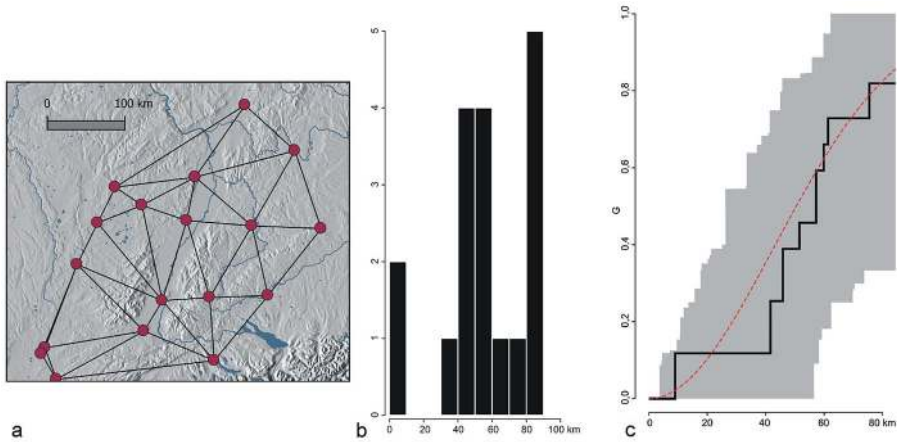


Abb. 31 Ältereisenzeitliche Fürstensitze. a) Delaunaytriangulation. b) Histogramm der Distanzen zum nächsten Nachbarn. d) G-Funktion mit Hülle.

der sich aus der Analyse eines umgebenden Fensters ergibt (Abb. 32). Hierzu verwendet man als Wert die Summe aller Datenpunkte oder das Integral der jeweiligen empirischen Kurve. Dieser Wert zeigt an, ob die Kurve tendenziell hoch oder niedrig liegt und in welche Richtung von der theoretischen Kurve sie damit abweicht.

4.3.5 Dichte

Insbesondere dann, wenn wir eine Clustering in unserem Punktmuster nachgewiesen haben, wollen wir weitere Analysen des Punktmusters durchführen. Oft ist es hierzu nützlich Dichteberechnungen durchzuführen (Abb. 33 und 34). Damit wird das Punktmuster, bei dem Punkte an bestimmten Stellen vorhanden und an anderen nicht vorhanden sind, in ein Feld umgewandelt, das für jeden Punkt im Arbeitsgebiet Werte enthält. Das ist eine gute Grundlage für den Vergleich von Punktmustern.

Zählmethoden

Zur Dichteberechnung können verschiedene Methoden mit spezifischen Vor- und Nachteilen verwendet werden (Abb. 36). Das einfache Auszählen von Punkten in einem Quadrat ist heute in den meisten Fällen nicht mehr angemessen, da es die relevanten Strukturen nur grob nachzeichnet. Gleitfenstertechniken sind auch hier eine nützliche Verbesserung. Die einfachste Methode ist es, in einem groben, überlappenden Raster zu zählen und die Werte in einem feinen, nicht überlappenden Raster darzustellen. Im

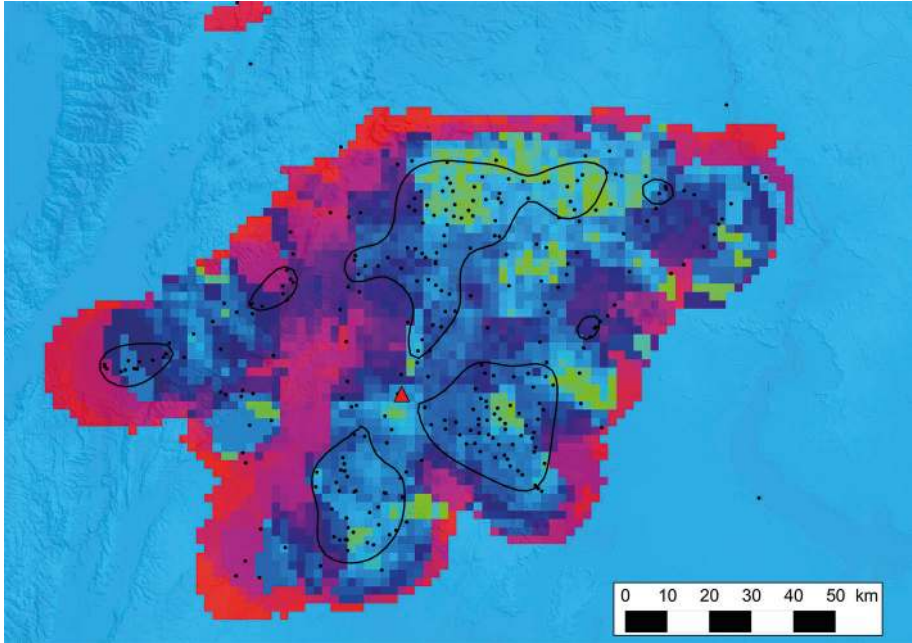


Abb. 32 Gleitfensteranalyse der F-Funktion im Fallbeispiel Aleppo mit Abgrenzung der Siedlungcluster.

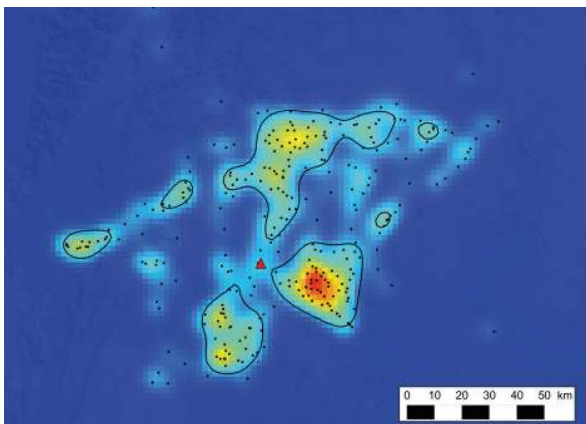


Abb. 33 Dichteanalyse im Fallbeispiel Aleppo: feines KDE.

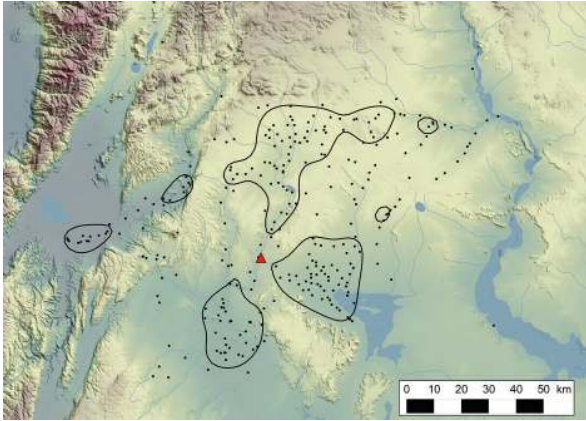


Abb. 34 Dichteanalyse im Fallbeispiel Aleppo: ausgewählte Isolinen eines groben KDEs.

Grunde verwendet man hierbei eine *Kernel Density Estimation* (KDE)¹⁹⁹ also eine Kerndichteschätzung mit einem rechteckigen Kernel. Statt dieser stufenförmigen Gewichtungsfunktion kann auch eine andere Funktion, etwa eine Normalverteilungsfunktion verwendet werden. Hierdurch werden die scharfen Grenzen des Zählbereiches vermieden und eine glattere Darstellung entsteht. In allen Fällen müssen aber bestimmte Parameter ausgewählt werden. Bei der Normalverteilungsfunktion muss die Standardabweichung verwendet werden, bei einem einfachen Zählraster die Rasterweite und so weiter. Vorteilhaft können auch kompliziertere Kernel-Funktionen sein. So führt ein gestaffelter gaußscher Kernel zu Differenzierungen in niedrigen und hohen Dichtebereich (Abb. 35).

Strukturbasierte Methoden

Diesen ‚Zählmethoden‘ stehen strukturelle Methoden der Dichteberechnung gegenüber, die in erster Linie auf dem Abstand zwischen den Punkten und ähnlichen Parametern beruhen und damit auf den Nachbarschaftskonzepten aufbauen. Zunächst kann der Abstand zum nächsten Nachbarn als inverser Dichteproxy verwendet werden. Hiermit wird ein Wert für jeden Punkt des Datenbestandes ermittelt. Dazwischen wird interpoliert. Statt dieser Distanz kann auch die Flächengröße der assoziierten Voronoizelle dienen. Beide Ansätze haben den Nachteil, dass sie gewissermaßen über leere Flächen hinweginterpolieren. Dieser Effekt wird vermieden, wenn man die Fläche des größten punktleeren Kreises um die Knoten der Voronoizellen herum verwendet.²⁰⁰

199 Herzog 2009.

200 Zimmermann u. a. 2004.

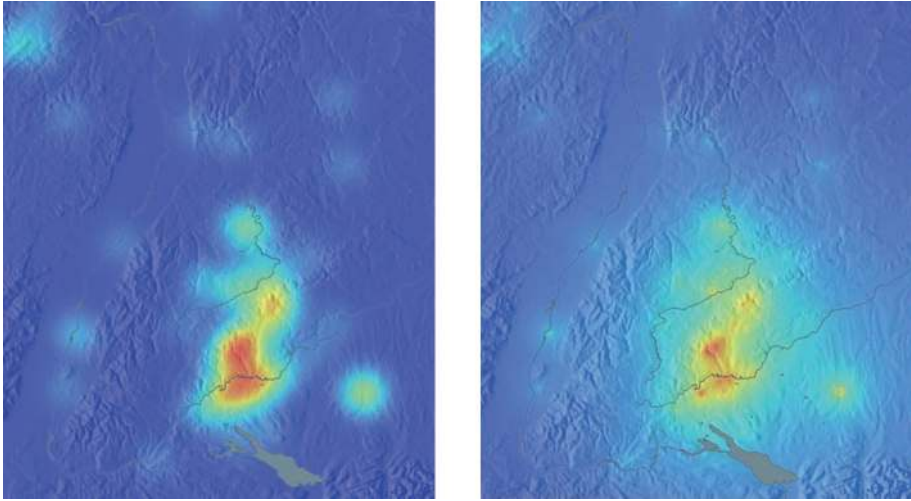


Abb. 35 KDE hallstattzeitlicher Wagen mit einfachem (links) und gestaffeltem gaußschen Kernel (rechts).

Methodenvergleich

Die unterschiedlichen Methoden der Dichteberechnung besitzen unterschiedliche Eigenschaften, so dass ein Vergleich zweckmäßig erscheint (Abb. 36). Die strukturbasierten Methoden liefern ein sehr detailgetreues Ergebnis. Sie setzen jedoch voraus, dass im Vergleich zum Abstand zwischen den Punkten ein unwesentlicher Messfehler bei der Lokalisation der Punkte vorliegt und dass der Datenbestand weitgehend vollständig ist. Die Ansprüche an die Messgenauigkeit und an die Vollständigkeit sind bei den Zählmethoden weitaus geringer. Zudem schließen die strukturbasierten Methoden grundsätzlich das mehrfache Vorkommen von Punkten an einer Stelle aus. Dieser Nachteil lässt sich allerdings durch Modifikationen beheben.

Innerhalb der jeweiligen Kategorie liefern KDE und Voronoi-Dichte die qualitativsten Ergebnisse und sind damit zu bevorzugen.

Dichteanomalien

Die erste weiterführende Analyse, die mit den berechneten Dichtekarten durchgeführt werden kann, ist die Ermittlung von Dichteanomalien (Abb. 37). Hierzu werden eine Karte ohne Details und eine Karte mit Details miteinander verglichen beziehungsweise voneinander subtrahiert. Als grobe Karte kann ein KDE mit großer Standardabweichung dienen. Ein KDE mit kleiner Standardabweichung oder eine Dichtekarte, die mit einer strukturbasierten Methode berechnet wurde stellen die detailreiche Karte dar. Der Vergleich hebt nun die unterschiedlichen Bereiche hervor und zeigt damit die Anomalien, also die Areale mit vom Trend abweichenden Werten an.

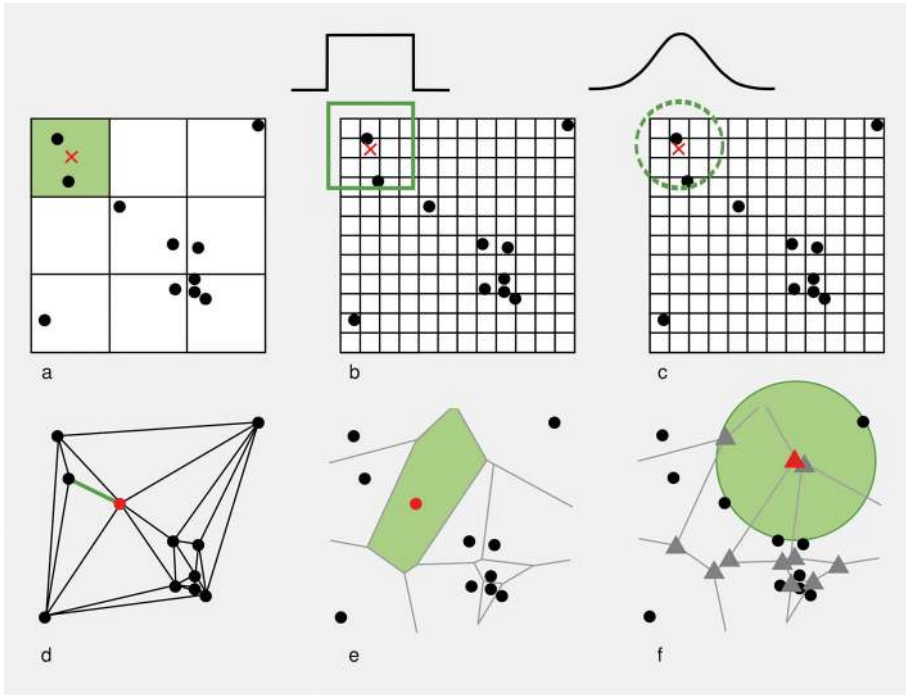


Abb. 36 Schematische Darstellung verschiedener Methoden der Dichteberechnung. a) einfaches Zähleraster, b) Kerndichteschätzung mit rechteckigem Kernel, c) Kerndichteschätzung mit gaußschen Kernel, d) Delaunaydichte mit der Distanz zum nächsten Nachbarn, e) Delaunaydichte mit Fläche der assoziierten Voronoizelle, f) Voronoizichte mit der Fläche des größten punktleeren Kreises.

4.3.6 Zentralität

Wir verfügen nun über die notwendigen Werkzeuge die Zentralität zu untersuchen. Im Rahmen der Analyse der naturräumlichen Faktoren und der Archäoprognose sind Karten der erwarteten, idealen Siedlungsdichte bei einer vermuteten Bevölkerungsverteilung entstanden. Diese Karten werden nun als Referenz verwendet um Anomalien, also zentrale Bereiche zu ermitteln. Im nächsten Schritt werden die Indikatoren der Interaktionsknoten einer bestimmten Kategorie herangezogen und auf dieser Basis eine Dichtekarten ermittelt. Von diesen Karten werden nun die Karten mit der idealen Bevölkerungsverteilung subtrahiert. Das Ergebnis ist eine Karte der um den Einfluss der Naturraumfaktoren bereinigten Interaktionsknotendichte.

Konzentrationsbereiche zeichnen sich durch Maxima der Anomalienkarte ab. Diese ergibt sich, wenn wir von der überhöhten detailreichen Interaktionsknotendichtekarte die detailarme Interaktionsknotendichtekarte und die theoretische Dichteverteilung subtrahieren.

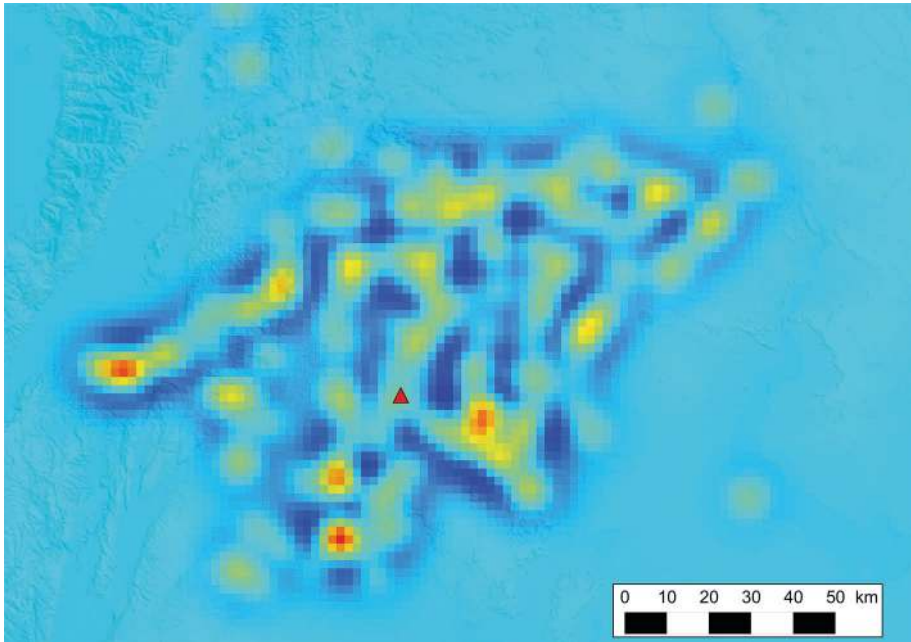


Abb. 37 Dichteanomalien Fallbeispiel Aleppo. Differenz zweier KDEs mit unterschiedlicher Kernelweite.

Diese Analysen sollten für unterschiedliche Typen von Interaktionsknoten separat durchgeführt werden um sich überlagernde Strukturen erkennen zu können. Die erarbeiteten Karten geben eine räumliche Verteilung von Zentralität an. Unter diesem Gesichtspunkt kann es sinnvoll sein, KDE als Standardmethode zu verwenden. Hierbei entstehen grundsätzlich um jeden Punkt, vor allem innerhalb der gewählten Standardabweichung Bereiche höherer Dichtewerte und damit höherer Zentralität. Bei struktur-basierten Methoden ergibt sich, je nach Interpolationsmethode, eine eher gleichförmige Zentralitätsverteilung. Eine Zentralitätskorona im Umfeld der Punkte und besonders im Umfeld der Punktkonzentrationen visualisiert jedoch gut, dass Zentralität gewissermaßen als ein Feld aufgefasst werden kann, dass die Interaktionen beeinflusst und räumliche Unterschiede zeigt.

4.3.7 Zentren

Der nächste Schritt in der Analyse besteht in der Lokalisierung und Charakterisierung der Zentren. Zunächst wird geprüft, ob die Verteilung der Orte auf Zentren schließen lässt.

Zentrenindikatoren

Die Frage ist, ob es in einer Punktverteilung Punktballungen gibt, die sich unterscheiden lassen und die dementsprechend als Einzugsgebiet eines Zentrums angesehen werden können. Hierbei ist der *RUNT-Test* als Multimodalitätstest hilfreich.²⁰¹ Zunächst wird eine Single-Linkage-Clusteranalyse der Koordinaten der unterschiedlichen Orte durchgeführt. Hierbei ergibt sich eine binären Hierarchie, bei der im Idealfall jeweils zwei etwa gleich große Gruppen von Orten zu einer neuen Gruppe fusionieren. Eine Fusion einer großen Gruppe mit einem einzelnen Element sollte nicht vorkommen und weist darauf hin, dass der entsprechende Knoten nicht eine Fusion untergeordneter Gruppen zu einem höheren Niveau, sondern das Anhängen eines Elementes an eine bestehende Gruppe darstellt. In diesem Fall liegen nicht zwei, sondern nur ein Zentrum vor. Die Anzahl der Elemente der kleineren von zwei Gruppen, die in einem Knoten verbunden werden, ist demnach ein Kriterium dafür, wie viele Ballungen eine Struktur enthält. Hierzu wird die Summe aller Elementzahlen der jeweils kleineren Gruppe gebildet. Dieser Wert sollte durch die Anzahl der Elemente geteilt werden, um die Vergleichbarkeit zwischen Strukturen verschiedenen Umfangs herzustellen. Ein hoher RUNT-Wert deutet also darauf hin, dass die Orte in einer Weise verteilt sind, die Zentren mit zugeordneten Orten und siedlungsschwachen Räumen zwischen diesen Gebieten entsprechen. Ein geringer RUNT-Wert schließt ein einzelnes dominantes Zentrum nicht aus, spricht aber nicht für eine Siedlungsstruktur mit mehreren, ggf. hierarchisch geordneten Zentren.

Im Gegensatz zu CSR-Tests, die lediglich eine Clusterung erkennen können, betrachtet der RUNT-Test auch die innere Struktur der Cluster und ist auf hierarchische Strukturen anwendbar.

Der nächste Test setzt voraus, dass wir prinzipiell Zentren vorliegen haben und jeden Punkt einem Zentrum zuweisen können. Nachdem wir in einer hierarchischen Clusteranalyse der Koordinaten, am besten mit der Zentroid-Methode, die Anzahl der Gruppen ermittelt haben, können wir die Güte dieser Cluster prüfen. Für unsere Zwecke bietet sich die Ermittlung der *Kompaktheit* an. Unter Kompaktheit ist der Grad der Homogenität innerhalb eines Clusters zu verstehen. Es gilt:

$$K = \frac{a * d}{b * c} \quad (4.1)$$

mit

a Wurzel der Summe der Quadrate der Standardabweichungen der Beobachtungswerte des fusionierten Clusters

201 Hartigan und Mohanty 1992.

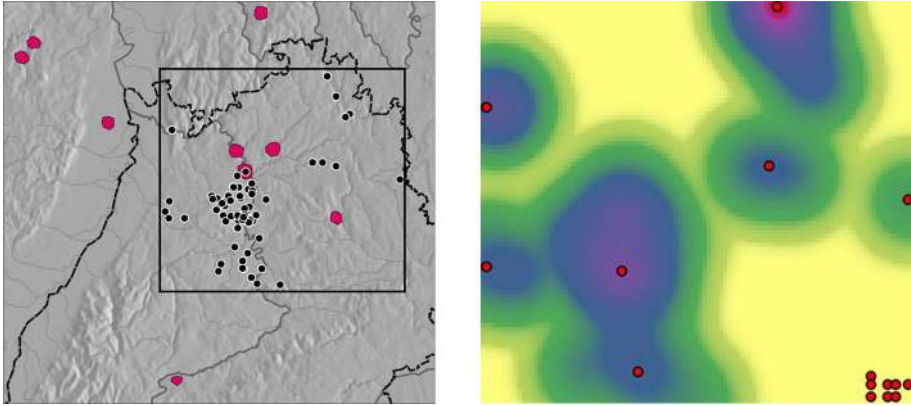


Abb. 38 Briquetagefunde und Solequellen in Südwestdeutschland. Dichte und Dichtemaxima der Briquetagefunde.

b Wurzel der Summe der Quadrate der Standardabweichungen der Beobachtungswerte aller Elemente

c Anzahl der Elemente des fusionierten Knotens

d Anzahl aller Elemente

Hohe Kompaktheitswerte weisen auf wohl abgegrenzte Gruppen hin, während geringere Werte eher ein Kontinuum anzeigen. Im Fall der Zentralität erwarten wir mittlere Werte, da sehr hohe Werte auf Isolation hindeuten.

Zentren als Dichtemaxima

Aus unsere Interaktionsknotendichtekarten können wir die Zentren der jeweiligen Kategorie als *lokale Dichtemaxima* ableiten. Hierzu ermitteln wir die Punkte, die keine Nachbarn mit höheren Werten aufweisen. Im Randbereichen mit sehr geringer Dichte kann es zu Werteschwankungen kommen, die nicht reale Maxima zeigen. Diese gilt es durch einen Schwellenwert auszuschließen. In Abbildung 38 sind im Südosten derartige Rechenartefakte zu sehen, die keinesfalls Zentren entsprechen (vgl. auch Abb. 39 für Aleppo). Diese Abbildung hält überdies vor Augen, dass die Identifikation von Dichtezentren und Herkunftsorten nicht immer erfolgreich sein muss, da die Solequellen nicht mit den Zentren der Briquetagefunde übereinstimmen.

Wir können jedoch auch direkt mit den vorliegenden Punktwolken arbeiten. Eine *Dichteclusteranalyse*²⁰² liefert uns neben einer Identifikation der Zentren eine Siedlungshierarchie. Hierbei erfolgt die Gruppenbildung durch Anbindung der Fundstellen an

202 Herzog 2009.

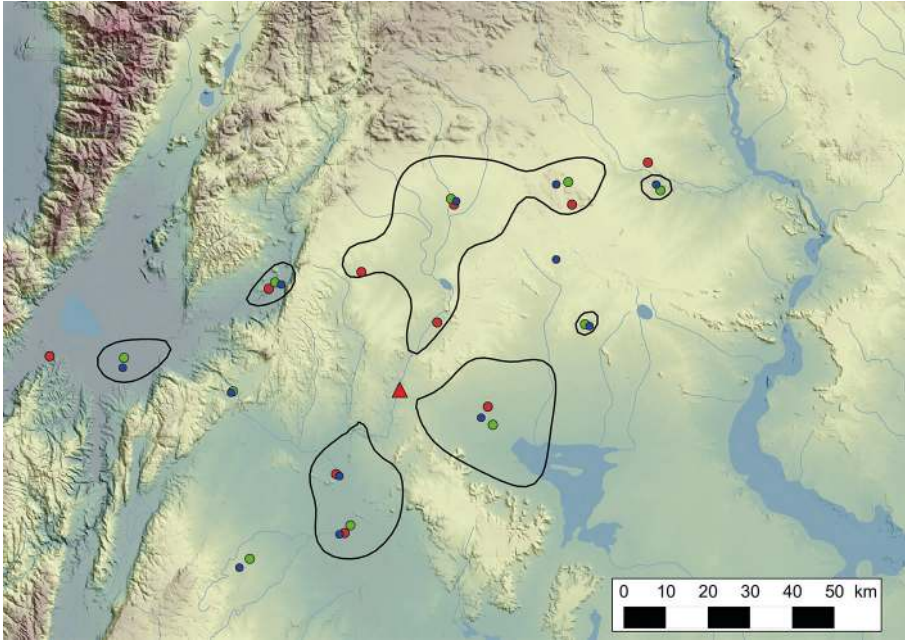


Abb. 39 Zentren als lokale Dichtemaxima im Fallbeispiel Aleppo.

jene, die den höchsten Wert der mit der inversen Entfernung bewerteten Punktdichte aufweist.

Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile. Die Dichteclusteranalyse (Abb. 40 und 41) kann nur dort Zentren anzeigen, wo Datenpunkte vorhanden sind. Die Ermittlung lokaler Dichtemaxima eines KDE hingegen kann auch an einem nicht belegten Punkt innerhalb eines Ringes ein Dichtemaximum anzeigen und somit ein Zentrum vorhersagen. Die Dichteclusteranalyse liefert jedoch gleich eine Hierarchie. Da die Hierarchie aus einem Optimierungsprozess hervorgeht handelt es sich um eine ideale Monohierarchie. Die Dichteclusteranalyse ist somit geeignet reale Dichtezentren und ideale Monohierarchien im Sinne Christallers zu ermitteln.

Die Methode der Dichtemaxima geht davon aus, dass Zentren immer in Ballungsgebieten liegen. Zu dieser Annahme zwingt Christallers Theorie nicht. Wenn wir diese Prämisse aufgeben, wandeln sich die Methoden der empirischen in theoretische Zentrumslokalisation. Es wird ermittelt, wo ein Zentrum liegen sollte.

Charakteristik unimodaler Zentren

Punktwolken mit einem Zentrum können mit verschiedenen Parametern beschrieben werden. Gegebenenfalls müssen die einzelnen Zentren und die assoziierten Punkte mit

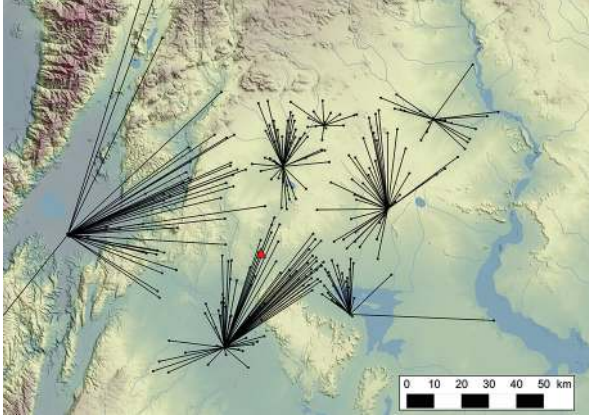


Abb. 40 Dichtclusteranalyse mit unterschiedlichen Parametern im Fallbeispiel Aleppo.

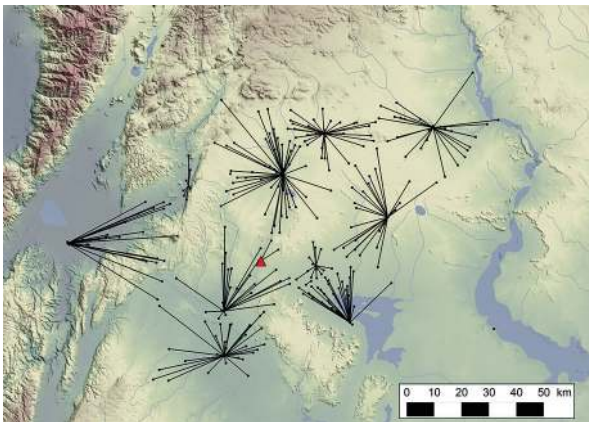


Abb. 41 Dichtclusteranalyse mit unterschiedlichen Parametern im Fallbeispiel Aleppo.

einer räumlichen Clusteranalyse oder einer Dichteclusteranalyse zunächst getrennt werden. Der wichtigste Parameter ist zweifellos die Lage des Zentrums. Hierbei lässt sich auf die oben beschriebenen Methoden zurückgreifen. Im weiteren geht es darum die Verteilung der Distanzen aller Punkte zum Zentrum zu untersuchen. Unter einer Normalverteilungsannahme kann nun die Standardabweichung ermittelt werden. Oft wird man eine Normalverteilung nicht voraussetzen dürfen. Hier ist es notwendig verschiedene Verteilungsfunktionen mit Anpassungstests zu überprüfen. Der Typ der Verteilungsfunktion und die angepassten Parameter können zum Vergleich der Zentren dienen.

Distanzanalysen

Distanzanalysen untersuchen die Abhängigkeit verschiedener Parameter von der Distanz zu den Zentren. Dichteanalysen können für einzelne Zentren durchgeführt werden und ergeben dann spezifische Informationen für dieses Zentrum, wie etwa die Reichweite. Sie können aber auch für alle Zentren beziehungsweise Zentren eines Hierarchieniveaus durchgeführt werden und zeigen dann allgemeine Zusammenhänge.

Das wesentliche Werkzeug der Distanzanalyse ist die Distanzgraphik.²⁰³ Die Abszisse stellt die Distanz zum Zentrum linear oder logarithmisch dar. Da hier nicht Einzelwerte eingetragen werden, sondern mehrere Werte mit einer Funktion weiterverarbeitet werden, müssen hier disjunkte Distanzklassen verwendet werden. Alternativ kann ein Gleitfenster genutzt werden, das eine kontinuierlich Darstellung durch das Verschieben überlappender Distanzklassen ermöglicht. Auf der Ordinate wird der Mittelwert der Parameter aufgetragen, der von den Punkten abgegriffen wird, die der entsprechenden Distanzklasse zuzuordnen sind. Manchmal ist es sinnvoll flächige Parameter nicht nur an den Punkten abzugreifen, sondern in einem Umfeld um die relevanten Punkte zu mitteln. Zusätzlich kann diese Kurve durch die Standardabweichung flankiert werden.

Einige Varianten der Distanzgraphik erhöhen das Interpretationspotential. So kann neben einer Graphik mit euklidischen Distanzen eine Graphik mit einer Distanz auf Grundlage einer reliefbasierten Kostenoberfläche erstellt werden. Um die Signifikanz der ermittelten Zusammenhänge zu erhärten, sollten neben der Distanzgraphik, welche die relevanten Siedlungen enthält auch Graphiken erstellt werden, die auf der gleichen Anzahl von Zufallspunkten basieren. Letztere kann dadurch variiert werden, dass die Zufallspunkte von der Dichte der Siedlungen abhängig sind, so dass sie die gleiche Dichteverteilung aufweisen, aber an anderen Stellen liegen. Hierdurch kann geklärt werden, wie die ermittelten Zusammenhänge von anderen Faktoren abhängen können.

Die Fragen die mit Distanzdiagrammen untersucht werden können sind:

203 Nakoinz 2013b.

- Hängt die Lage der Siedlungen von der Distanz zum Zentrum ab?
- Welche Bedeutung hat die Distanz zum Zentrum für die Lage der Siedlungen?
- Welche Zusammenhänge zeigen sich für die unterschiedlichen Faktoren?
- Welche Reichweite hat diese Abhängigkeit?

Eine erste Analyse trägt auf der Ordinate die Siedlungsdichte ein. Hiermit kann ergänzend zu den vorangehenden Dichteanalysen geklärt werden, ob ein Zentrum in einem Dichtemaximum liegt. Die Prämisse, die diesem Siedlungsmodell zugrunde liegt ist, dass es vorteilhaft ist in der Nähe eines Zentrums, aber nicht ideal im Zentrum zu leben. Die Ursachen hierfür können beispielsweise sein, dass im Zentrum die notwendigen Flächen für eine landwirtschaftliche Nutzung nicht gegeben sind, die Nähe zum Absatzmarkt aber vorteilhaft ist.

Ein besonders wichtiger Aspekt, den man mit Distanzgraphiken erforschen kann, ist die Siedlungsgunst. Neben Bodengüte, Klima und Rohstoffen sind Reliefparameter zu nennen. Die Merkmale müssen hierzu intervall- oder verhältnisskaliert sein. Es lassen sich prinzipiell drei Typen von Zusammenhängen aufdecken. Wenn die Kurve waagrecht verläuft sind keine Zusammenhänge zu erkennen. Steigt die Kurve an, dann ist man bereit für die Nähe zum Zentrum eine geringere Siedlungsgunst in Kauf zu nehmen. In diesem Modell bietet die Nähe zum Zentrum Vorteile, die sich mit dem Distanzdiagramm quantifizieren lassen. Schließlich ist es möglich, dass die Kurve abfällt. Das kann zeigen, dass das Zentrum an einer siedlungsgünstigen Stelle lokalisiert ist. Dieses Siedlungsmodell entspricht dem v. Thünenschen Modell, dass im näheren Umfeld des Zentrums eine ertragreiche Produktion vorsieht während in größerer Entfernung eine extensive Bewirtschaftung erfolgt.

Mit dem gleichen Werkzeug können wir auch die Abhängigkeit der Lage von Importfunde, Prunkbeigaben in Gräbern und der gleichen mehr untersuchen. Hierdurch kann Zentralität mit sozialem Status anderen Parametern korreliert werden.

4.3.8 Territorien

Territorien sind für die Frage der Zentralität von Bedeutung. Die einzelnen Orte besitzen Interaktionsräume unterschiedlicher Reichweite. Ist die Distanz von großer Bedeutung, so ist der Überlappungsgrad der Interaktionsräume der Orte des gleichen Hierarchieniveaus gering. Im Idealfall, wie er in einem distanzoptimierten christallerschen System zu Ausdruck kommt, schließen sich die Interaktionsräume beziehungsweise in Christallers Terminologie die Ergänzungsgebiet aus und sie bilden eine Tessellierung.

Die entsprechenden Gebiete, also die exklusiven Einzugsbereiche nennen wir Territorien.²⁰⁴

Die Unterscheidung von Idealterritorien und Realtterritorien ist essentiell. Erstere sind das Ergebnis einer Optimierung, die für gegebene Zentren eine optimale Grenzziehung angibt. Realtterritorien hingegen sind Rekonstruktionen auf der Basis empirischer Daten.

Idealtterritorien

Idealtterritorien geben an, wo Territorialgrenzen in bestimmter Hinsicht sinnvoll sind. Hierzu muss ein Gesichtspunkt ausgewählt werden. Soll der Grenzverlauf möglichst kurz in Bezug auf eine bestimmte Fläche sein, soll er fortifikatorisch günstig gelegen sein oder sollen alle Punkte im Inneren des Territoriums eine günstige Lage in Bezug auf ein Zentrum aufweisen? Zur Konstruktion von Idealtterritorien können demnach verschiedene Parameter optimiert werden. Zu denken ist hier etwa an die Ressourcenverteilung oder das Sichtfeld,²⁰⁵ das für eine Kontrollmaximierung verwendet werden kann. Ebenso können Grenzen an natürlichen Barrieren wie Wasserscheiden oder Flüssen liegen.²⁰⁶

Ein häufig verwendeter Parameter ist die Distanz zum Zentrum. Die Grenze liegt in diesem Falle dort, wo die zwei oder drei benachbarten Zentren in gleicher Zeit erreicht werden können. Im einfachsten Fall lassen sich die Grenzen aus einem Voronoi-diagramm (Abb. 42a) ablesen.²⁰⁷ Das ist möglich, wenn man davon ausgeht, dass das Relief keinen Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit hat und lediglich die Distanz relevant ist.

Es ist jedoch auch möglich das Relief zu berücksichtigen (Abb. 42b). Hierzu werden die Punkte gleicher Pfadlänge zu zwei Zentren anhand einer reliefbasierten Kostenoberfläche ermittelt.

Eine weitere Verbesserung ist möglich, wenn man bedenkt, dass nicht alle Orte die gleiche Bedeutung haben und bedeutendere Orte entsprechend größere Territorien haben sollten. Die Methode der gewichteten Voronoidiagramme berücksichtigt das.²⁰⁸ Fetter entwickelte diesen Ansatz für Marktareale.²⁰⁹ In die Archäologie ist sie als X-tent-Modell von Renfrew und Level eingeführt und von Ducke und Kroefges in erweiterter Form in GRASS-GIS implementiert worden.²¹⁰ Als Gewichtungsfaktoren können beispielsweise die Siedlungsgröße²¹¹ oder der maximale soziale Rang, der am Ort vertreten

204 Vgl. Nakoinz 2009b.

205 Posluschny 2008.

206 Clark und Hagemeister 2007.

207 Voronoi 1907.

208 Okabe u. a. 2000.

209 Fetter 1924.

210 Renfrew und Level 1979; Ducke und Kroefges 2008.

211 Renfrew und Level 1979.

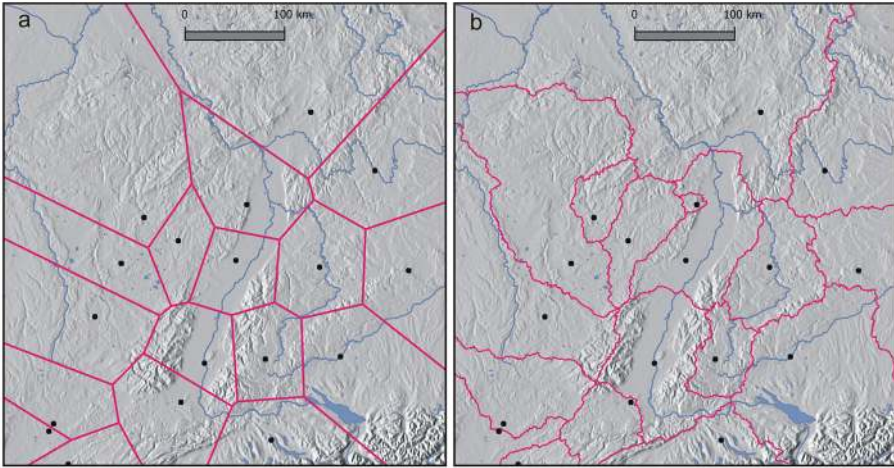


Abb. 42 Voronoidiagramme der ältereisenzeitlichen Fürstensitze. a) Klassisches Voronoidiagramm; b) Voronoidiagramm unter Berücksichtigung des Reliefs.

ist verwendet werden.²¹² Anhand der Anzahl von reichen Gräbern als Gewichtungsfaktor sind die Probleme der Methode aufgezeigt worden.²¹³ Neben der Wahl ungeeigneter Gewichtungsfaktoren ist vor allem die Bestimmung weiterer Parameter wie der Distanzgewichtung oder eines Distanzschwellenwertes problematisch. Lassen sich diese Probleme lösen und der Ansatz der gewichteten Voronoidiagramme um eine Reliefrücksichtigung ergänzen wird ein wertvolles Modellierungswerkzeug vorliegen.

Als eine verallgemeinerte Version gewichteter Voronoi-Polygone lässt sich die unten stehende Formel (4.2) verwenden. Bezeichnen wir den Einfluss der von einem Ort ausgeht als Φ . An den Punkten, an denen dieser Wert für zwei oder drei Punkte gleich ist, liegt eine Grenze. Des weiteren unterscheiden wir zwischen statischen Gewichten, die für alle Referenzpunkte gelten und dynamischen Gewichten, die referenzpunktspezifisch sind. Additive Gewichte sind im Gegensatz zu multiplikativen Gewichten distanzunabhängig. Ersteres kann man als Anziehungskraft des Zentralortes und letzteres als Transportrate bezeichnen. Statt der einfachen Distanz wird eine Funktion ψ eingeführt, welche die euklidische Distanz zwischen den Punkten manipuliert.

$$\Phi = \alpha_s (t_\alpha \alpha_d + |t_\alpha - 1|) - \gamma_s (t_\gamma \gamma_d + |t_\gamma - 1|) \psi \left(\sqrt{(x_z - x_p)^2 + (y_z - y_p)^2} \right) \quad (4.2)$$

212 Steffen und Steffen 2010.

213 Nakoinz 2009b; Nakoinz 2013a.

- α_s ist das statische additive Gewicht.
- α_d ist das dynamische additive Gewicht, das für jeden Referenzpunkt unterschiedlich sein kann.
- γ_s ist das statische multiplikative Gewicht.
- γ_d ist das dynamische multiplikative Gewicht, das für jeden Referenzpunkt unterschiedlich sein kann.
- t_α ist die Kennzeichnung, ob ein dynamisches additives Gewichtes verwendet werden soll. Wenn $t = 1$ ist, ist das der Fall, wenn $t = 0$ ist, wird lediglich das statische Gewicht verwendet.
- t_γ ist die Kennzeichnung, ob ein dynamisches multiplikatives Gewichtes verwendet werden soll. Wenn $t = 1$ ist, ist das der Fall, wenn $t = 0$ ist, wird lediglich das statische Gewicht verwendet.
- ψ ist eine Funktion, welche die euklidische Distanz zwischen zwei Punkten manipuliert. Es kann sich hierbei um eine Funktion handeln, durch die die reliefabhängigen Transportkosten berücksichtigt werden, oder um eine Funktion, die eine Verzerrung der Distanzen bewirkt. So kann es sinnvoll sein, eine Kosinusfunktion oder eine an der Normalverteilungskurve orientierte Funktion zu verwenden, um einen geringen Distanzeinfluss im unmittelbaren Umfeld eines Zentralortes und in großer Entfernung zu diesem zum Ausdruck zu bringen. Soll die euklidische Funktion verwendet werden, ist die Funktion $\psi(\delta) = \delta$.
- x_z ist der geographische Ostwert des Referenzpunktes.
- y_z ist der geographische Nordwert des Referenzpunktes.
- x_p ist der geographische Ostwert des Punktes, auf den Einfluss ausgeübt wird.
- y_p ist der geographische Nordwert des Punktes, auf den Einfluss ausgeübt wird.

Das additive Gewicht stellt eine entfernungsunabhängige Gewichtung dar. Es gibt gewissermaßen die Attraktivität eines Zentralortes an. Das multiplikative Gewicht hingegen ist entfernungsabhängig und wird in der Regel als Transportrate interpretiert. Diese grundsätzliche Unterscheidung ermöglicht, in Verbindung mit ψ und den verschiedenen Möglichkeiten, die Gewichte mit konkreten Inhalten zu belegen, die Konstruktion zahlreicher unterschiedlicher Einflussmodelle.

Realterritorien

Die Ermittlung von Realterritorien geht von empirischen Daten aus. Zunächst sind grenzindizierende Monumente also Territorialmarker zu nennen. Hierbei handelt es sich um Grenzsteine oder um Grenzbefestigungen wie Landwehren. Gelegentlich werden auch Megalithgräber und Grabhügel als Grenzindikatoren diskutiert.

Territorien lassen sich jedoch auch aus anderen Daten ableiten. Zunächst ist an die Siedlungsstruktur zu denken. Gehen wir davon aus, dass die Zentren mit einer überdurchschnittlichen Siedlungsdichte umgeben sind und die Territorien durch niedrige Siedlungsdichten getrennt sind, dann ergeben sich verschiedene Methoden. Die Ödmarken, also die Gebiete geringer Siedlungsdichte oder siedlungsleeren Gebiete können als Grenzbereiche kartiert werden.²¹⁴ Es können aber auch Isolinien in einer Karte der Siedlungsdichte als Grenzlinien ausgewählt werden oder die Gebiete mit einem hohen Siedlungsdichtegradienten als Grenzregionen interpretiert werden. Diese Methoden werden im Zusammenhang kultureller Leitformen graphisch dargestellt (Abb. 43). Weiterhin ist es möglich eine Siedlungen, die einem Territorium angehören durch eine Clusteranalyse der geographischen Koordinaten oder eine Dichteclusteranalyse zu ermitteln und mit einer konvexen Hülle zu umgeben. Konzeptuell korrespondieren die beiden Methoden mit jenen der Dichteberechnung. Die Dichteclusteranalyse und die KDE-Dichteberechnung basieren auf der Anzahl der Punkte je Fläche. Die Clusteranalyse der geographischen Koordinaten und die strukturbasierten Dichteberechnungsmethoden verwenden den Punktabstand. Damit können sie die detailreicheren Ergebnisse liefern, sind aber auch fehleranfälliger.

Die Dichte- und Clusteranalysen können auch mit anderen Fundstellen als Siedlungen durchgeführt werden. Gehen alle semantischen Landschaftselemente in die Analyse ein, so kann sich die Ausdehnung einer Siedlungskammer um die Kernsiedlung herum ergeben. Das ist dann möglich, wenn in den Grenzbereichen Dichteminima liegen und diese nicht durch zahlreiche Grenzmonumente markiert sind. Wir können auch erwägen, ob Sichtbarrieren als Grenzbereiche günstig sind. In diesem Fall führen wir eine Sichtclusteranalyse durch, bei der statt der Distanz zwischen den Punkten ihre gegenseitige Sichtbarkeit verwendet wird. Auf der Basis dieser Pseudodistanzmatrix findet dann die Fusionierung statt.

Funde deren Herkunft bekannt ist und die nicht vom Fundort stammen, können dann helfen, wenn es gute Gründe gibt anzunehmen, dass es sich nicht um Importe, sondern um steuerähnliche Abgaben handelt.²¹⁵ Eine konvexe Hülle um die Herkunftsgebiete kann das Territorium andeuten.

Gehen wir von dem Gedanken aus, dass innerhalb von Territorien eine erhöhte Interaktion herrscht, was nach den Vorüberlegungen zur Zentralität sehr plausibel ist,

214 Jankuhn 1961.

215 Biel 1985; Eggert 2007.

und dass Interaktion zu einem allmählichen kulturellen Angleich führt, dann kann auch von Kulturräumen auf Territorien geschlossen werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Kulturräume mit den Zentralorten korrespondieren. Kulturelle Leitformen kann man verwenden, wenn ihre Signifikanz zuvor ermittelt wurde. Die Methoden der konvexen Hülle, eines räumlichen Puffers, des Dichtegradienten, der Dichteisolinie und der Isolinie des Dichteverhältnisses lassen sich dann einsetzen (Abb. 43).

Oft ist die Signifikanz der mutmaßlichen kulturellen Leitformen nicht erwiesen. In diesem Fall muss man eine wesentlich breitere Materialbasis verwenden.²¹⁶ Statt kultureller Leitformen werden Typenspektren aus mehreren oder allen Fundtypen verwendet. Nun gilt es die Gebiete zu ermitteln, die sich durch gleichartige Typenspektren als ähnlich erweisen. Die Typenspektren werden für scharf oder unscharf abgegrenzte Gebiete, sogenannte räumliche Analyseeinheiten ermittelt. Die Anzahl der Funde muß hinreichend groß sein um ein zuverlässiges Ergebnis zu erhalten. Die Typenspektren der räumlichen Analyseeinheiten werden in einer Clusteranalyse ausgewertet und die Ergebnisse validiert. Zeigen die kulturellen Räume nun eine Korrelation mit den Zentralorten, so kann angenommen werden, dass sie die Territorien abbilden.

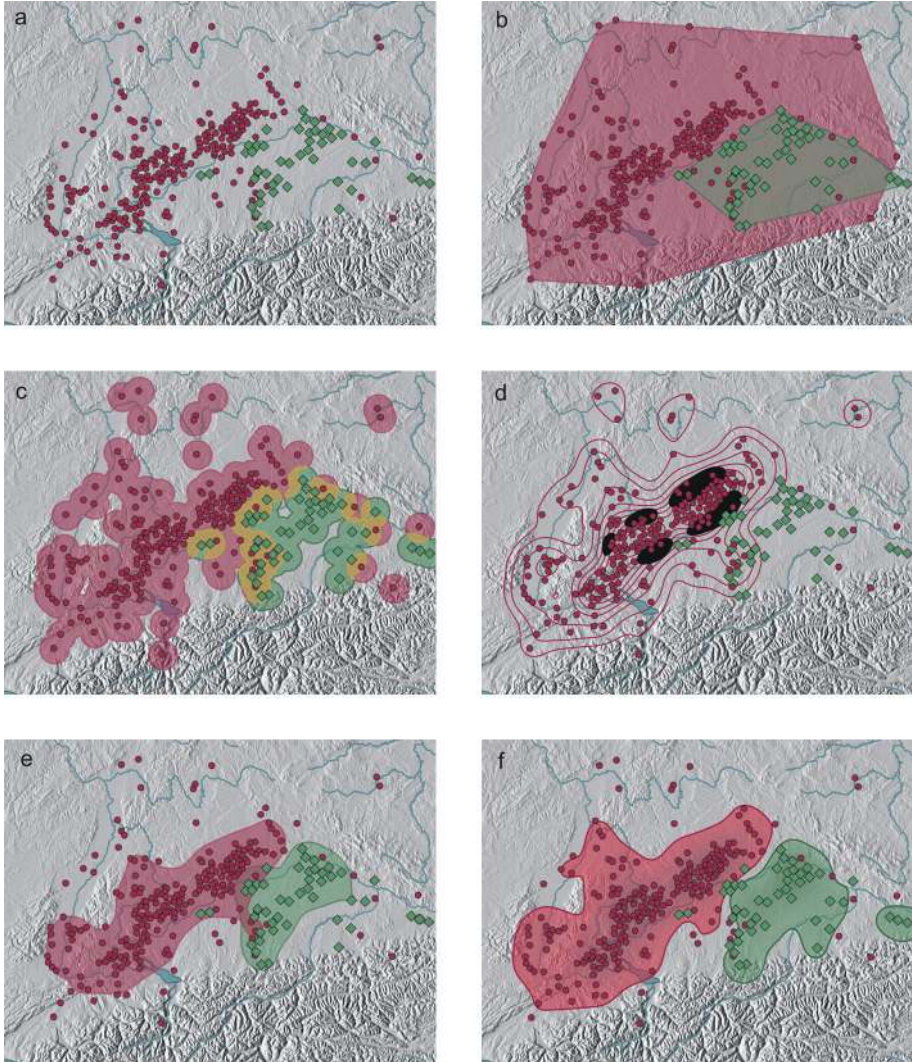
Wenn dieser Zusammenhang, der empirisch überprüft werden muss, erwiesen ist, dann kann der Grenzverlauf näher bestimmt werden. Die Typenspektren erlauben es, die kulturelle Distanz zwischen zwei räumlichen Analyseeinheiten zu ermitteln. Werden nun für jeden Punkt im Raum beziehungsweise für jede räumliche Analyseeinheit die kulturellen Distanzen zu den Typenspektren, die den Zentren zugeordnet sind ermittelt, dann lässt sich für jeden Zentralort eine Isoliniendarstellung der kulturellen Distanzen also gewissermaßen ein Kulturgebirge darstellen (Abb. 44). Bei Gleichsetzung der Werte kann – ähnlich wie bei den Voronoipolygonen – der Grenzverlauf ermittelt werden.

Ein etwas anderer Ansatz, der verschiedene Konzepte zu verbinden versucht, ist die Constrained Cluster Analyse. Hier werden Fusionsbedingungen eingeführt. So kann eine Clusteranalyse der geographischen Koordinaten eine maximale kulturelle Distanz als Bedingung enthalten. Nützlicher scheint hingegen der umgekehrte Weg, also eine Clusteranalyse der Typenspektren mit der Bedingung einer maximalen räumlichen Distanz auszustatten. Beide Methoden ermöglichen durch die Kombination von Einflussfaktoren realistischere Ergebnisse, berauben uns aber auch wichtiger externer Validierungsmöglichkeiten.

Gehen wir davon aus, dass die Territorien ethnischen Einheiten zugeordnet sind, dann können uns ethnische Marker helfen. Ein entsprechender Ansatz wurde von Siegmund entwickelt und auf die Abgrenzung von Franken und Alemannen angewandt.²¹⁷

216 Nakoinz 2005; Nakoinz 2009a; Nakoinz 2013a.

217 Siegmund 2000.



- Alb-Hegau-Keramik (n. Kimmig 1979)
- ◆ Bayerische Ritz- und Stempelkeramik (n. Kimmig 1979)

Abb. 43 Ermittlung von Territorien auf der Basis kultureller Leitformen. a) Punktverteilung zweier Typen; b) konvexe Hülle; c) Puffer; d) Dichtegradienten; e) Dichteisolines; f) Isolines des Verhältnisses.

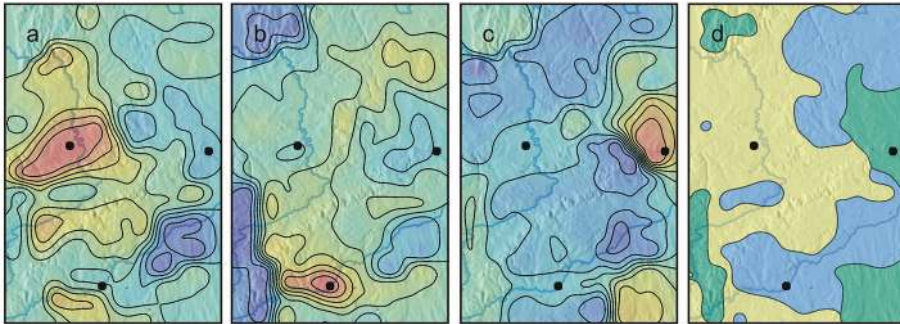


Abb. 44 Ermittlung von Territorien auf der Basis kultureller Distanzen (Testanalyse mit vorläufigen Daten). a) Isolinien der kulturellen Distanzen zum Hohen Asperg; b) Isolinien der kulturellen Distanzen zur Heuneburg; c) Isolinien der kulturellen Distanzen zum Ipfer; d) Territorialdarstellung.

Er geht davon aus, dass die ethnischen Marker an ihrer Verteilung erkannt werden können, da sie in Grenzbereichen gehäuft vorkommen und damit prinzipiell eine polygonale Linie um das Kerngebiet der analysierten Ethnie ausbilden müssten. Hierbei setzt Siegmund also einen hermeneutischen Zirkelschluss ein. Auf dem unpräzisen Vorwissen um die Lage der ethnischen Territorien werden Indikatoren abgeleitet, die eine genaue Grenzziehung erlauben.

Territoriale Kenngrößen

Kennen wir die Ausdehnung der Territorien, so können wir territoriale Kenngrößen ermitteln, die besonders für den Vergleich sehr nützlich sind. Zunächst ist die Fläche zu nennen. Dieser Wert lässt sich nach verschiedenen weiteren Parametern differenzieren. So kann ein Flächenspektrum angegeben werden, das beispielsweise nach der Hangneigung, der Höhe oder dem Bodentyp differenziert ist. Einbezogen werden sollten aber auch Ackerbauflächen und die Verteilung anderer Nutzflächen. Neben der Ermittlung der Flächenspektren können für die territorialen Teilflächen also die klassifizierten Flächenspektren oder Patches nach landschaftsökologischer Terminologie, Maßzahlen der raumstrukturellen Landschaftsanalyse ermittelt werden.²¹⁸ Die Hauptkategorien sind:

- Heterogenität (number of patches, patch density, contagion)
- Flächenanalyse (area, class area, mean patch size, patch size standard deviation)
- Kernflächenanalyse (total core area, number of core areas, core area index, cority)

218 Lang und Blaschke 2007.

- Randlinienanalyse (total edge, edge density, mean patch edge)
- Formanalyse (mean shape index, mean perimeter-area ratio, mean fractal dimension)
- Nachbarschaftsanalyse (nearest neighbor distance, Proximity index)
- Gamma Diversität (proportion, richness, diversity, dominance, evenness)
- Zerschneidung (coherence, subdivision, effective mesh width, splitting index)

Zudem können punktuelle Informationen erhoben werden. Die Anzahl der Siedlungen, Rohstoffquellen und zahlreicher weiterer Angaben in einem Territorium sind hier zu nennen. Es ist mitunter sinnvoll diese Werte in Beziehung zur Territorialfläche zu setzen, so dass neben den absoluten Werten die jeweilige Dichte steht.

4.3.9 Hierarchie

Hierarchieindikatoren

Eine wichtige Frage ist, ob Hierarchien vorliegen. Die Klärung dieser Frage erlaubt das erste Klassifikationsniveau der Netzwerkklassifikation zu bestimmen. Wichtig ist es, dass wir die Siedlungen anhand eines gegebenen Parameters in eine Rangordnung bringen können. Die Siedlungsgröße bietet sich hier an, es können aber auch Proxys, wie die Anzahl von Grabhügeln für diesen Wert verwendet werden oder es kann versucht werden die Bedeutung der Siedlungen in anderer Weise zu messen. Hierarchien besitzen eine gewisse Selbstähnlichkeit. Auf jedem Niveau sind mehrere untergeordnete Siedlungen einer übergeordneten zugeordnet. Daraus ergibt sich eine besondere Verteilung der Siedlungsgrößen, die im Fall diskreter Variablen der Zipf-Verteilung und bei stetigen Variablen der Pareto-Verteilung entspricht.²¹⁹ In einer Rang-Größen-Graphik folgen die beobachteten Werte etwa einer Hyperbel. Die Abweichungen von dieser Hyperbel lassen sich besser beurteilen, wenn man eine doppellogarithmische Darstellung verwendet, in der diese als Gerade erscheint. Betrachten wir das Beispiel einer diskreten Variablen, wie der Anzahl von Grabhügeln. Die Formel von Zipf lautet:

$$f(x) = k * x^{-\frac{1}{\alpha}} \quad (4.3)$$

²¹⁹ Arlinghaus 1985; Hennig und Lucianu 2000; Zipf 1949.

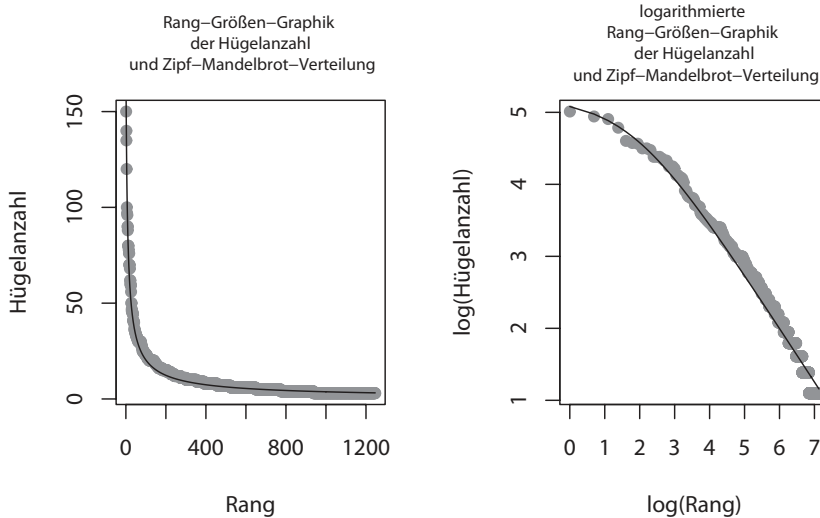


Abb. 45 Rang-Größen-Graphik der Hügelanzahl je Gräberfeld und Zipf-Mandelbrot-Verteilung.

Mandelbrot erweiterte diese Formel um eine bessere Anpassung an die extremen Ränge vorzunehmen, bei der die doppellogarithmische Darstellung von der Geradenform abweicht, wenn der Korrekturwert c ungleich 0 ist:²²⁰

$$f(x) = k * (x + c)^{\frac{-1}{a}} \tag{4.4}$$

Mandelbrot bringt derartige Verteilungen mit Selbstähnlichkeit in Zusammenhang. Arlinghaus konnte nachweisen, dass geographische Strukturen, die Christallers Zentralortmodell folgen, fraktale Eigenschaften besitzen, also selbstähnlich sind.²²¹ Die Größenverteilung von Städten, die dem Zipf-Gesetz folgen, sind vielfach beobachtet worden.²²²

Die Rang-Größen-Analyse (Abb. 45) ermöglicht weitreichendere Schlüsse.²²³ Ausgehend von Überlegungen Simons, der annimmt, dass die Rang-Größen-Regel einen stabilisierenden Faktor in Wachstumsprozessen darstellt,²²⁴ können Abweichungen interpretiert werden. Weist die doppellogarithmische Rang-Größen-Kurve im Bereich der ersten Ränge ein steileres Segment auf, so wird angenommen, dass wenige starke Kräfte

220 Mandelbrot 1953, 491.

221 Arlinghaus 1985.

222 Fujita, Krugman und Venables 1999, 215–225; Haggett 2004, 441–446.

223 Haggett 2004, 445–451.

224 Simon 1955.

oder äußere Einflüsse wirken.²²⁵ Ist der entsprechende Kurvenabschnitt hingegen flach, so entspricht er der Mandelbroterweiterung der Zipf-Kurve.

Während Simons Herleitung der Zipf-Verteilung aus stochastischen Prozessen und ihre Interpretation als natürliche Verteilung von Wachstumsprozessen für die Interpretation von Siedlungsgrößen ein größeres Erklärungspotential zu bieten scheint als das Konzept Mandelbrots,²²⁶ das von einer Maximierung von Information im Sinne Shannons ausgeht, spannt Mandelbrots Identifikation des Exponenten in der Zipf-Mandelbrot-Verteilung als fraktale Dimension einen weitaus größeren Interpretationsrahmen auf.²²⁷ Die Untersuchung von Selbstähnlichkeit in Siedlungsstrukturen dürfte einen weitaus tieferen Einblick in die Prozesse der Ausbildung dieser Strukturen ermöglichen als der reine Vergleich von Siedlungsmustern.²²⁸

Eine Vergleich der empirischen Verteilung mit der Zipf- oder der Pareto-Verteilung liefert uns Hinweise auf Hierarchien. Hierbei wurde die räumliche Verteilung allerdings nicht berücksichtigt. Eine Verteilung der Siedlungsgrößen von Süd nach Nord entsprechend der Rangfolge bei einer Berücksichtigung der gewünschten Verteilung würde ein positives Testergebnis liefern, hätte aber nichts mit einer räumlichen Hierarchie zu tun. Im christallerschen System sind die großen Siedlungen von kleinen Siedlungen umgeben. Eine entsprechende Ordnung liefert uns Hinweise zur Klassifikationsebene 3 der Netzwerktaxonomie, in der die Bedeutung der Distanzen thematisiert wird. Liegt ein Siedlungsmuster vor, das nach Christallers Gesichtspunkten geordnet wurde, dann weist das auf ein distanzbasiertes Ordnungssystem hin. Ein Indikator hierfür kann ein Test auf Autokorrelation, wie der Morans-I-Test sein.²²⁹ Hohe Werte weisen auf eine große Ähnlichkeit der Nachbarn hin. Kleine Werte hingegen deuten auf große Unterschiede zwischen benachbarten Fundstellen hin. Letztere weisen somit auf distanzbasierte Netzwerke hin. Müller-Scheeßel führt an, dass der globale Morans-I-Wert für große Gebiete kein geeigneter Parameter ist, da er lokale Unterschiede verdeckt.²³⁰ Der lokale Morans-I-Wert, der für jede Fundstelle berechnet wird, scheint ihm weitaus geeigneter zu sein. Wir können auf die oben angesprochenen Gleitfenstertechniken zurückgreifen und entsprechende flächige Kartierungen erstellen.

Der *RUNT-Test*²³¹ wurde schon besprochen und kann uns auch hier helfen, da hierarchische Strukturen im Sinne Christallers multimodal sind. Hierbei setzen wir allerdings die Kenntnis der Hierarchie voraus und prüfen vor allem, ob es sich um eine Hierarchie mit den entsprechenden Eigenschaften handelt. Das Ergebnis kann bei der Unterscheidung von Knoten- und Kantenhierarchien nützlich sein.

225 Vgl. Berry und Garrison 1958b.

226 Simon 1955; Mandelbrot 1953.

227 Mandelbrot 1997; Mandelbrot 2009.

228 Vgl. Brown und Witschey 2003.

229 Müller-Scheeßel 2007; Tiefelsdorf 2000.

230 Müller-Scheeßel 2007, 63–64.

231 Hartigan und Mohanty 1992.

Hierarchierekonstruktion

Wissen wir, dass eine Hierarchie vorliegt, können wir versuchen sie zu rekonstruieren. Hier können verschiedene Methoden zur Anwendung kommen.

Besonders bei einer dünnen Datengrundlage kann eine prädefinierte Hierarchie ein sinnvolles Vergleichswerkzeug sein. Hierbei werden den einzelnen Hierarchieniveaus archäologische Fundtypen zugewiesen.²³² Das ist dann sinnvoll, wenn wir die Hierarchie aus einem Siedlungsgrößenproxy wie der Anzahl von Grabhügeln erschlossen haben, aber nur wenige Hinweise zu Siedlungen vorliegen. Anhand von Oberflächenfunden und einer prädefinierten Klassifikation man kann in diesem Fall eine Rangfolge konstruieren und die Siedlungsstruktur näher untersuchen.

Da eine Hierarchie aus einer Rang- und Zuordnung besteht bleibt uns in diesem Beispiel noch die Zuordnung zu ermitteln. Nur wenn wir wissen, dass ein distanzbasiertes Netzwerk vorliegt können wir eine distanzbasierte Zuordnung vornehmen. Ist das nicht der Fall, so kann die Zuordnung statt der räumlichen die kulturelle Distanz verwenden. Dieser Ansatz ist sehr wichtig, um ‚nicht räumliche‘ Hierarchien zu beurteilen.

Die Dichteclusteranalyse, die oben besprochen wurde, ist eine Methode, eine distanzbasierte Hierarchie ohne prädefinierte Klassen zu konstruieren. Diese Methode kann so modifiziert werden, dass statt der Dichte andere Parameter zur Rangordnung der Punkte verwendet werden. Hier ist an Zentralität, Siedlungsgröße, maximaler sozialer Rang und ähnliches zu denken.

4.4 Methoden zur Untersuchung von Interaktionskanten

Bisher haben wir die Enden der Interaktionsverbindungen, die Interaktionsknoten betrachtet. Hier geht es nun um die Interaktionen selbst. Während einige Informationen aus einzelnen Interaktionsknoten abgeleitet werden können, die damit auch redundant zu jener des Kapitels Interaktionsknoten sind, benötigen wir hier grundsätzlich relationale Informationen, also Informationen die beide Interaktionsknoten einer Interaktion betreffen. Diese Informationen liegen weitaus seltener vor. In diesem Kapitel liegt der Fokus auf der Untersuchung einzelner oder mehrerer Kanten. Ganze Netzwerke werden im nächsten Kapitel besprochen.

232 Fabech 1995.

4.4.1 Klassifikation

Details zur Klassifikation sind im entsprechenden Kapitel 3.4 zu finden. Aus den Interaktionsknoten können die Klassifikationen nach dem Interaktionszweck

1. Information
2. Güter
3. Soziale Sachverhalte
4. Gemeinsame Aktivitäten
5. Physische Manipulation

und den zentralen Funktionen

1. Handel
2. Herrschaft
3. Schutz
4. Produktion und Rohstoffgewinnung
5. Kult

abgeleitet werden. Die Klassifikation des Interaktionstyps erfordert schon weitere Informationen. Neben der Symmetrie

1. Asymmetrische Interaktion
2. Symmetrische Interaktion

sind die Intention,

1. Erwünschte Interaktion
2. Unerwünschte Interaktion

die Transportformen,

1. Kommunikation
2. Personentransport
3. Warentransport

und die Organisation

1. Individuelle Interaktion

2. Gebündelte Interaktion

zu nennen.

4.4.2 Interaktionsintensität

Interaktionsintensität ist ein Maß dafür, wie wirkungsvoll der Austausch ist. Das können wir grundsätzlich in der Zeitdauer des Interagierens, der Menge der ausgetauschten Informationen oder Güter oder auch des zeremoniellen Aufwandes der jeweiligen Interaktion messen. Diese Informationen stehen uns allerdings selten zur Verfügung.

4.4.3 Interaktionsdichte

Interaktionsdichte unterscheidet sich genau genommen von der Interaktionsknotendichte ebenso wie von der Interaktionsintensität. Hier betrachten wir nicht die Intensität der einzelnen atomaren Interaktion, sondern der Interaktionen zwischen zwei Partnern oder zwischen zwei Orten. Das Maß der Interaktionsdichte ist die Anzahl der Interaktionen je Partnerkombination. Es geht also auch nicht um die Dichte der Interaktionsknoten, da hier beide Partner berücksichtigt werden. Verkehrsachsen beispielsweise sind ein deutlicher Indikator für hohe Interaktionsdichten. Auch das Auftreten zahlreicher Fremdfunde gleicher Herkunft zeigen hohe Interaktionsdichten an.

4.4.4 Streckenlänge

Die Streckenlänge der Interaktionskanten bedarf kaum der Erklärung. Da in diesem Kapitel nur Interaktionen mit bekannten Endpunkten betrachtet werden, ist lediglich das Distanzmaß zu klären. Neben der Distanz im euklidischen Raum kann die tatsächliche Pfadlänge betrachtet werden oder es können Wegekosten verwendet werden.

4.4.5 Kantenhierarchie

Die Interaktionsintensität, die Interaktionsdichte und die Streckenlänge stellen mindestens ordinale Variablen dar. Damit ist die Möglichkeit einer Rangordnung der Interaktionskanten gegeben. Diese Werte sollten auch der Rang-Größen-Regel folgen und damit eine Zipf- bzw. Pareto-Verteilung aufweisen. Die entsprechenden Methoden wurden oben beschrieben.

Anders als bei den Ortshierarchien ist bei den Kantenhierarchien die Zuordnung bereits gegeben, da wir nur für die Kanten eine Einordnung in die Rangfolge besitzen, für die wir auch beide Interaktionsknoten kennen. Hier gilt es nun zu prüfen, ob es sich

tatsächlich um eine Hierarchie im engeren Sinne handelt oder ob eine zufällige räumliche Verteilung der Ränge vorliegt. Diese Betrachtung betrifft die Interaktionsintensität und -dichte. Hierzu wird jede Verbindung zwischen zwei Orten durch den höchsten Rang der dort lokalisierten Interaktion repräsentiert. Nun zählen wir die Kanten, die günstige Eigenschaften besitzen und vergleichen den Wert mit der Gesamtzahl der Kanten und mit der Zahl der günstigen Kanten, die sich bei einer zufälligen Verteilung ergibt. Günstige Kanten sind jene, die sich zwanglos in eine Monohierarchie integrieren lassen. Sie weisen Verbindungen zu einem höheren und einem niedrigeren Rang auf. Ungünstig sind hingegen jede, die zu zwei höheren oder zwei niedrigeren Rängen verbunden sind. Als weitere Restriktion kann eingeführt werden, dass die Rangunterschiede günstiger Kanten einen bestimmten Schwellenwert nicht überschreiten.

4.5 Methoden zur Untersuchung von Interaktionsnetzen

Die Analyse von Interaktionsnetzwerken ist im Vergleich zur Untersuchung der Knoten und Kanten am anspruchsvollsten. Das betrifft sowohl die Datengrundlage wie auch die Methoden.

4.5.1 Konstruktion und Rekonstruktion von Netzen

Auch hier ist es essentiell zwischen der Konstruktion idealer Netzwerke und der Rekonstruktion realer Netzwerke zu unterscheiden. Bei der Konstruktion von Netzwerken sehen wir die Orte als gegeben an. Das Optimierungsproblem besteht darin, die Verbindungen so anzulegen, das ein bestimmter Parameter optimiert wird (Abb. 46 und 47). Dieser Parameter sind die Distanz beziehungsweise die Wegekosten. Hiermit ist der Optimierungsprozess allerdings noch nicht hinreichend beschrieben, wie Bunge zeigen konnte.²³³ Zunächst können wir das Netzwerk entsprechend des Standpunktes des Straßenbauers, der eine möglichst geringe Gesamtpfadlänge wünscht entwickeln. Hierbei entsteht ein Baum, also ein azyklischer Graph, in dem kein Punkt auf zwei Wegen erreicht werden kann. Der Baum, der die geringste Gesamtpfadlänge aufweist wird *Minimaler Spannbaum* genannt. Dieser Baum kann weiter optimiert werden, wenn man neue Knoten zulässt, die in der ursprünglichen Vorgabe nicht enthalten waren. Diese sind als Verkehrsgabelungen und nicht als Orte zu interpretieren. Der minimale Spannbaum, der mit zusätzlichen Knoten ermittelt wurde heißt *Steinerbaum*.

Für den Nutzer sind die beiden Verkehrsnetze nicht optimal. Der Nutzer ist bestrebt für jeden seiner Wege einen möglichst kurzen Pfad zu erhalten und nicht die Gesamtlän-

233 Bunge 1962; nach Haggett und Chorley 1969, 115.

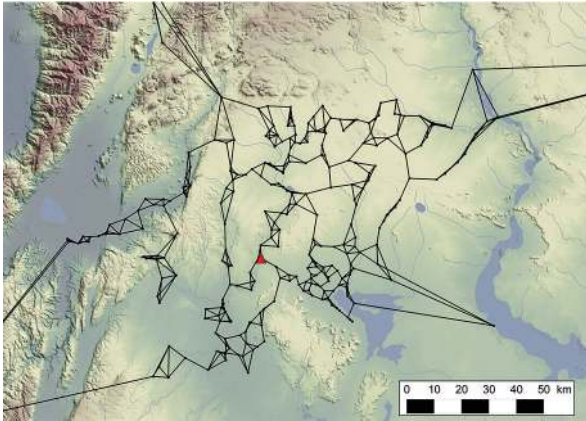


Abb. 46 Nachbarschaftsgraphen als Netzwerke im Fallbeispiel Aleppo: Kanten zum 3. metrischen Nachbarn.

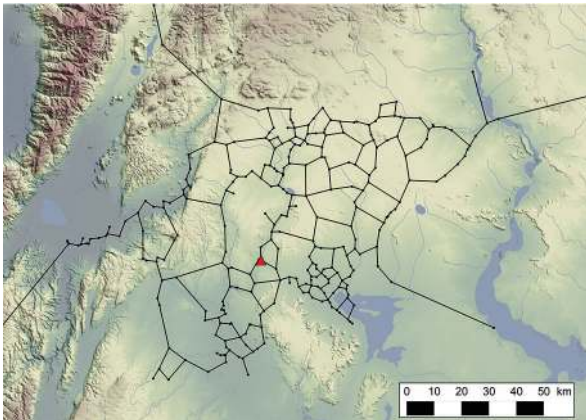


Abb. 47 Nachbarschaftsgraphen als Netzwerke im Fallbeispiel Aleppo: relative neighbour graph.

ge des Netzes zu minimieren. Ideal wäre ein vollständiges Netzwerk mit allen möglichen Kanten („all-channel-Netzwerk“). Die Gesamtpfadlänge ist in diesem Fall natürlich aus Sicht des Straßenbauers indiskutabel und die Struktur aufgrund zahlreicher annähernd paralleler Verbindungen wenig nützlich. Aus diesem vollständigen Netzwerk müssen wir geeignete Teilgraphen auswählen. Der Nutzer möchte alle Knoten auf einer möglichst geringer Strecke erreichen. Diese Anforderung könnten wir so interpretieren, dass eine Rundreise auf kürzestem Weg durch alle Knoten erfolgen soll. Die Lösung dieser als das Problem des Handlungsreisenden bekannten Aufgabe wäre der kürzeste Hamiltongraph. Im Allgemeinen wird der Nutzer aber eher ein beliebiges, aber nur ein Ziel anstreben. Wir könnten versuchen eine Kombination aus Minimalen Spannbaum und vollständigem Graphen zu realisieren. Fernverbindungen wollen wir in einen Minimalen Spannbaum integrieren und im Nahbereich sollen alle Orte direkte Verbindungen

zum nächsten Zentrum aufweisen. Dieses Netzwerk lässt sich mit Hilfe der *Dichtclusteranalyse* ermitteln (siehe oben). Liegt uns eine Rangordnung der Netzwerkknoten vor, so können wir diese Werte in der Dichtclusteranalyse anstatt der Dichtewerte verwenden. Wir erhalten eine distanzgewichtete Zuordnung entsprechend der Rangordnung. Bei einer Zuordnung nach diesem Vorbild entstehen stets Bäume (vgl. Abb. 48). Alternativ können alle möglichen Kanten mit Werten gewichtet werden, wie das Gravitationsgesetz vorhersagt. Es bietet in diesem Fall an einen unteren Schwellenwert zu verwenden, der schwache Interaktionen ausschließt.

In diesem System, welches zwar ein Baum ist, aber doch noch zahlreiche annähernd parallele Verbindungen aufweist, können wir Transportsynergien nur für Fernverbindungen realisieren. Wir sollten also noch möglichst viele Kanten zusammenfassen. Dies lässt sich am besten realisieren wenn wir von dem Gedanken ausgehen, dass alle natürlichen Nachbarn direkt miteinander verbunden sein sollten und längere Verbindungen als Kantenzüge über mehrere Nachbarschaftsverbindungen laufen. Der *Delaunay-Graph* liefert uns das gewünschte Ergebnis. Er ist ein moderates Basisnetzwerk, das die Anforderungen der Nutzer und Erbauer weit möglichst in Einklang bringt. Innerhalb dieses Netzwerkes können wir weitere Synergien durch eine Hierarchie der Kanten erreichen, wie sie etwa ein Straßensystem mit Autobahnen und Landstraßen darstellt. Die Gewichtung der Kanten kann in diesem Fall als die Anzahl der kürzesten Wege, die durch einen Pfad laufen festgelegt werden (Abb. 49).²³⁴

Die idealen Netzwerke dürfen im Allgemeinen – um auf diesen wichtigen Punkt noch einmal hinzuweisen – nicht für die Ermittlung von Netzwerkparametern verwendet werden, da es sonst zu Zirkelschlüssen kommt. Ermittelt man beispielsweise Zentralitätsindizes für Delaunay-Graphen, so ergibt sich hieraus keine Zentralität, sondern nur ein strukturelles Zentralitätspotential. Während viele Verkehrsnetze Teilgraphen des Delaunay-Graphen sein werden und damit ein realistisches Zentralitätspotential ermittelt werden kann, so gilt das für Graphen wie den Sphere of Influence Graphen nicht ohne weiteres. Hier fließen Formationsregeln ein, die einerseits die Zentralitätsindizes beeinflussen und andererseits keinen empirischen Bezug haben müssen.

Reale Netzwerke zu rekonstruieren ist weitaus schwieriger, da die erforderlichen Daten zunächst gewonnen werden müssen. Liegen jedoch erst einmal die erforderlichen Informationen zu den Interaktionskanten vor, lässt sich hieraus recht einfach ein Netzwerk generieren. Zwischen jedes Paar von Interaktionsknoten wird eine Interaktionskante gelegt. Je nach Fragestellung können nun einige Transformationen erfolgen. Zunächst kann man die Mehrfachkanten zu einer gewichteten Kante zusammenfassen. Die Gewichtung der Kanten mit realen Interaktionen wertet das Netzwerk für weitere

234 Nakoinz 2012.

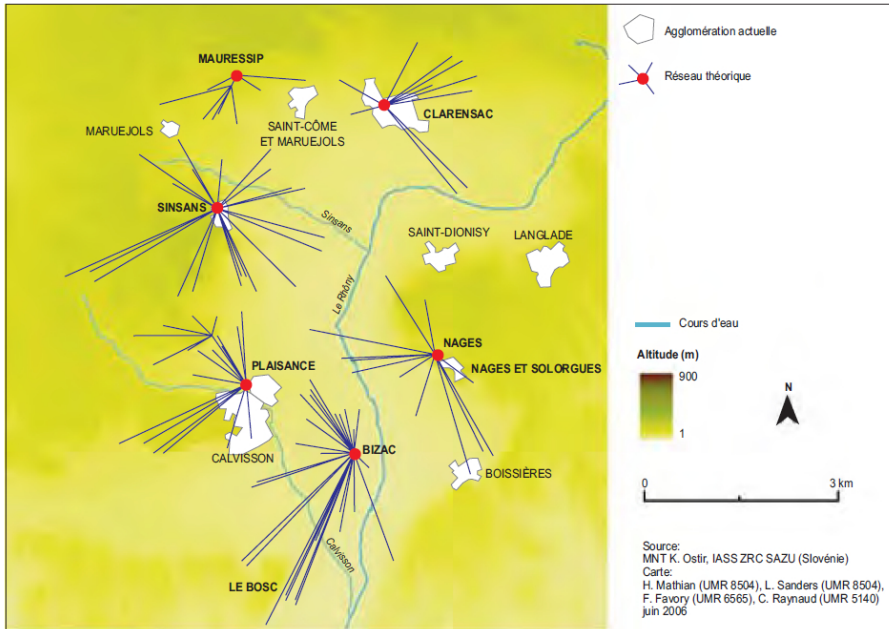


Abb. 48 Distanzbasierte Bäume mit gegebener Rangordnung nach Nuninger.

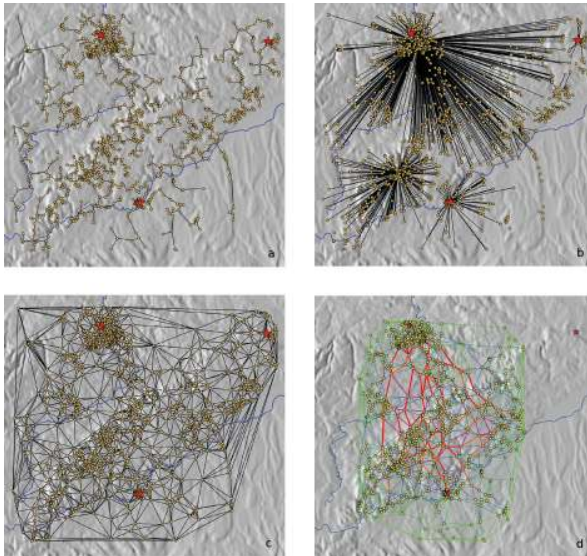


Abb. 49 Auswahl idealer Netzwerke. a) Minimaler Spannbaum, b) Dichtecluster, c) Delaunaydiagramm, d) Delaunaydiagramm mit Gewichtung anhand kürzester Pfade.

Analysen deutlich auf. Zudem kann eine Projektion des Netzwerkes auf einen Delaunay-Graphen erfolgen. Ob das zulässig ist muß im Einzelfall geprüft werden.

Einige ausgewählte Transformationen von Netzwerken sind in Abb. 50 zu sehen. Links oben ist als Ausgangspunkt eine ideale Datenbasis mit gewichteten atomaren Interaktionen zu sehen. Durch verschiedene Transformationen entstehen hieraus Netzwerke, die in verschiedenen Analysen verwendet werden können. Die Unterschiede und der jeweilige Verlust von Daten ist bei der Interpretation zu beachten. Analysen, die unterschiedliche Netzwerkzustände verwenden sind nicht direkt vergleichbar, sondern erlauben lediglich Aussagen zu unterschiedlichen Facetten des Netzwerkes. Fast alle der aufgeführten Transformationen sind mit einem Informationsverlust verbunden:

- t1* Umwandlung in einen ungewichteten Graphen.
- t2* Zusammenfassung paralleler Kanten.
- t3* Zusammenfassung paralleler Kanten mit Gewichtung der Anzahl.
- t4* Extraktion eingehender Kanten.
- t5* Extraktion ausgehender Kanten.
- t6* Umwandlung in einen ungerichteten Graphen durch Summieren der Gewichte.
- t7* Umwandlung in einen ungerichteten Graphen durch Summieren der Beträge der Gewichte.
- t8* Umwandlung in einen ungerichteten und ungewichteten Graphen.

4.5.2 Einfache Netzwerkparameter

Aus Netzwerken lassen sich einfache strukturelle Parameter ablesen. Triviale Angaben sind die *Anzahl der Knoten* und die *Anzahl der Kanten*. Daraus lässt sich das Verhältnis der möglichen Kantenzahl zur realen Kantenzahl ermitteln. Hierbei handelt es sich um die *Netzwerkdichte*. Weiterhin ist die *Anzahl der Nachbarn*, also der Partner mit denen ein Knoten verbunden ist von Interesse. Dieser Wert lässt sich in einem Histogramm darstellen. Liegt eine Hierarchie vor, so kann in gleicher Weise die *Anzahl der untergeordneten* wie auch der *übergeordneten Nachbarn* dargestellt werden. Letztere muß im Fall von Monohierarchien gleich Eins sein. Die Zuordnungszahl erlaubt demnach zwischen Mono- und Polyhierarchien zu unterscheiden. Den Kopplungsgrad zu beurteilen hilft auch die *Anzahl der Blätter*, also der Knoten mit nur einem Nachbarn, die ins Verhältnis zur Knotengesamtanzahl gesetzt werden kann. Bei Monohierarchien kann die *RUNT-Zahl* je Knoten und die *RUNT-Summe* von Interesse für die Beurteilung der Hierarchiestruktur sein.

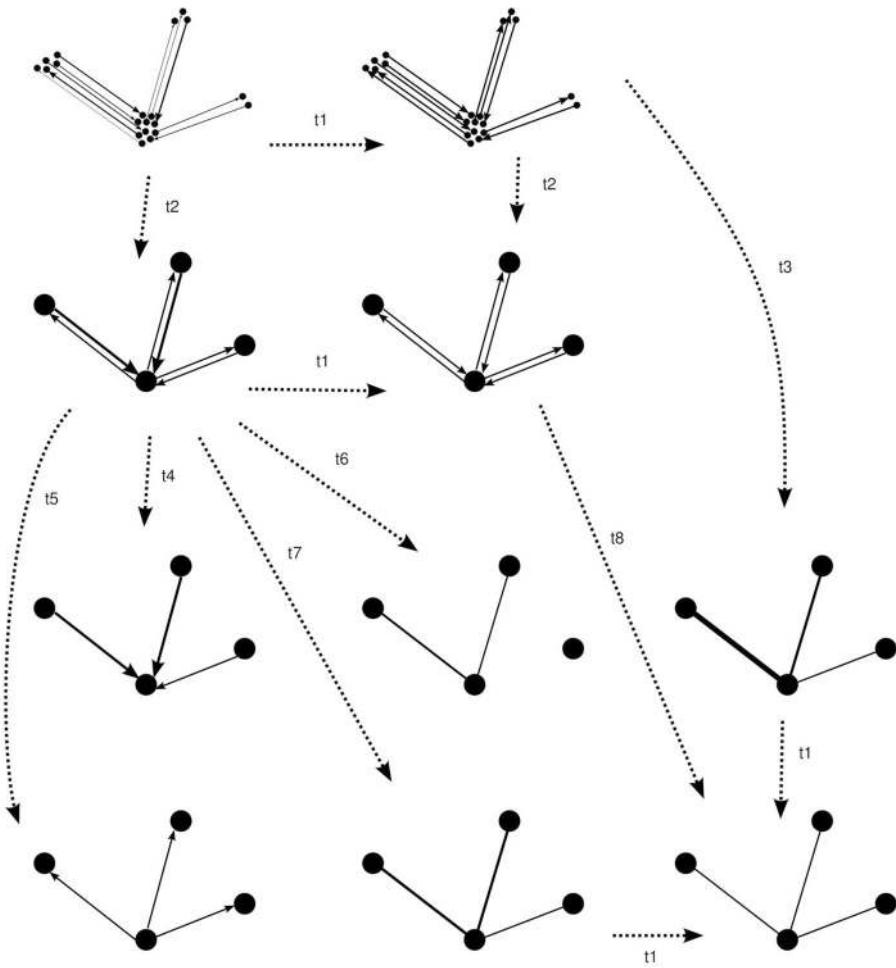


Abb. 50 Ausgewählte Transformationen von Netzwerken.

Schließlich kann für alle Werte die für jeden einzelnen Knoten erhoben werden auch deren räumliche Verteilung mit der Hilfe von Kartierungen und Autokorrelationsstests untersucht werden.

4.5.3 Netzwerkanalyse

Netzwerkklassifikation

Für den Vergleich von Netzwerken bietet sich die oben beschriebene Klassifikation an. Hierbei werden Schrittweise Organisationstyp, Organisationsgegenstand, Distanzrelevanz und Kopplungsgrad bestimmt. Wie oben dargestellt lassen sich die dichotomen Einzelklassifikationen durch graduelle Angaben ersetzen. Im Fall christallerscher Strukturen kann zudem die Bestimmung der k -Werte versucht werden.

Weiterhin können anhand der einfachen Netzwerkparameter Klassifikationen der Graphenformen vorgenommen werden. So erlaubt es die Verteilung der Kantenanzahlwerte und die Beurteilung der mittleren Kantenanzahl zu entscheiden, ob ein vollständiges Netzwerk vorliegt und zu unterscheiden ob sternförmige oder lineare Strukturen dominant sind. Schließlich ist es wichtig die räumliche Homogenität des Netzwerkes zu beurteilen. Das kann nur in Kombination der genannten Werte mit einer Kartierung erfolgen.

Kennzahlen für Verkehrsnetze

Weiterhin sind auch Kennzahlen zur Beschreibung von Verkehrsnetzen zu nennen:²³⁵

- Zyklomatische Zahl. Die Anzahl der Knoten wird von der Anzahl der Kanten subtrahiert und die Anzahl der zusammenhängenden Subgraphen addiert. Bäume weisen den Wert Null auf während vollständige Netzwerke hingegen hohe Werte aufweisen.
- Alpha-Index. Hier wird die Differenz der Kanten- und Knotenanzahl zuzüglich Eins in das Verhältnis zur doppelten Knotenanzahl abzüglich fünf gesetzt. Der Wertebereich liegt zwischen 0 und 1.
- Gamma-Index. Hierbei wird die Kantenanzahl in das Verhältnis zu Knotenanzahl abzüglich Zwei gesetzt und durch drei geteilt. Auch hier liegen die Werte zwischen 0 und 1.
- Beta-Index. Die Anzahl der Kanten im Verhältnis zur Anzahl der Knoten ergibt Beta.
- Eta-Index. Dieser Wert ergibt sich als Gesamtlänge aller Kanten im Verhältnis zur Anzahl aller Kanten.

235 Nuhn und Hesse 2006; Taaffe, Gauthier und O'Kelly 1973.

- Theta-Index. Hier wird die Gesamtlänge aller Kanten in das Verhältnis zur Anzahl aller Knoten gesetzt.
- Pi-Index. Die Gesamtlänge aller Kanten wird hier in das Verhältnis zum Netzwerkdurchmesser gesetzt. Bäume besitzen hierbei den Wert 1.

Diese Kennzahlen geben deutliche Hinweise auf die Zentralitätsstrukturen, die hinter den Verkehrsnetzen stehen. Der Alpha-Index etwa zeigt den Grad der inneren Vernetzung an. Dieser Wert ist bei Bäumen gering und bei Netzwerken mit vielen Kreisen hoch. Dementsprechend zeichnen sich Strukturen mit Christallerzentralität eher durch geringe und mit Netzwerkzentralität eher durch hohe Werte aus. Es ist aber ausdrücklich vor einer oberflächlichen Nutzung dieser Indikatoren zu warnen, denn die Überlagerung von Strukturen und andere Effekte können die Ergebnisse stark verzerren. Auch eine Siedlungsstruktur die stark vom Christallerschen Prinzip beeinflusst wurde wird nicht ein Verkehrssystem besitzen, dass durch einen Baum mit Wurzel im Zentrum besteht. Querverbindungen und Kreise sind anzunehmen, die Intensität ihrer Nutzung geht aber nicht in die oben genannten Kennzahlen ein. Dennoch können diese Kennzahlen in Kombination mit anderen Indikatoren bestimmte Interpretationen eher stützen als andere und sind somit sinnvoller Bestandteil des Werkzeugkastens der Zentralitätsanalysen.

Zentralität

Einführung in Zentralitätsmaße

Ein wichtiger Aspekt der Netzwerkforschung, der gerade unseren Themenbereich entspricht ist die Ermittlung von Zentralitätsindizes. Die Zentralität wird für einzelne Knoten oder Kanten auf der Basis ihrer Beziehungen zu allen anderen Knoten beziehungsweise Kanten berechnet. Hierzu gibt es mittlerweile eine umfangreiche Literatur.²³⁶ Die Vielzahl der verwendeten Kennzahlen macht deutlich, dass jeweils ein anderer Aspekt beleuchtet wird und es keine universelle Zentralitätsmessung im Rahmen der Netzwerktheorie gibt. Die betrachteten Parameter sind unter anderem die Anzahl der Transitverbindungen und die Entfernung aller Knoten im Netzwerk. Schon diese beiden Parameter zeigen die Vielschichtigkeit der Zentralitätsauffassungen. Der folgenden Übersicht (siehe auch Abb. 51) liegt die Zusammenstellung von Mutschke zugrunde,²³⁷ wobei wir eigene Kurzbezeichnungen verwenden:

236 Bonacich 1987; Bonacich und Lloyd 2001; Borgatti 2005; Freeman 1977; Freeman 1978/1979; Kang 2007; Koschützki, Lehmann, Peeters u. a. 2005;

Koschützki, Lehmann, Tenfelde-Podehl u. a. 2005; Mutschke 2010.
237 Mutschke 2010.

- Degree Centrality (tZI1). Da der Grad eines Knoten in der Graphentheorie die Anzahl der Nachbarn bezeichnet wird auch hier die Anzahl der direkten Nachbarn angegeben. Dieser Wert kann in das Verhältnis zur Anzahl aller möglichen Interaktionspartner gesetzt werden. Es kann zwischen der Degree Centrality eingehender und ausgehender Verbindungen unterschieden werden. Mit der Reach Centrality kann die Degree Centrality auf Nachbarn höheren Grades erweitert werden. Die k-Path Centrality gibt an, wieviele Pfade der maximalen Länge k vom betrachteten Knoten ausgehen können. Die Betrachtung ist in jedem Fall auf ein bestimmtes Umfeld des ausgewählten Knotens beschränkt.
- Closeness Centrality (tZI2). Hier wird der Kehrwert der Summe der Anzahl der Kanten in den kürzesten Pfaden zu allen anderen Punkten gemessen. Der Wert kann auf die Länge aller kürzesten Pfade normiert werden. Ein hoher Wert gibt an, dass die Interaktion von wenigen Drittknoten abhängt. Als verwandte Konzepte führt Mutschke Radiality, Eccentricity, Distance-Based F-Measure und Markov Centrality auf. Der Closeness kann die geographische Nähe an die Seite gestellt werden, in die nicht die Anzahl der Kanten des kürzesten Pfades, sondern die räumliche Weglänge oder die Wegekosten eingehen.
- Betweenness (tZI3). Dieser Wert gibt an auf wie vielen kürzesten Pfaden zwischen allen Punkten der betrachtete Punkt liegt. Eine Normierung auf die Gesamtanzahl der kürzesten Pfade kann erfolgen. Verwandte Konzepte sind die k-Betweenness, die Length-Scaled Betweenness, die Ego Network Betweenness und das Reachability-based F-Measure.
- Eigenvector Centrality (tZI4). Ausgehend von dem Gedanken, dass die Zentralität eines Punktes auch durch die Zentralität der Nachbarpunkte beeinflusst wird. Dementsprechend wird die Eigenvector Centrality aus der Summe der Zentralität der Nachbarn ermittelt. Eine Verallgemeinerung für nicht symmetrische Netzwerke stellt die Alpha Centrality dar. Eine negativer Einfluss der Nachbarn wird in der Beta oder Power Centrality ermöglicht.
- Information Centrality (tZI5). Dieser Wert ist der Closeness Centrality vergleichbar, verwendet aber anstatt des kürzesten Pfades alle kantendisjunkten Pfade.
- Entropy Centrality (tZI6). Hierbei handelt es sich um die negative Summe der Wahrscheinlichkeiten auf einem Pfad einen bestimmten Punkt zu erreichen, die mit der jeweiligen logarithmierten Wahrscheinlichkeit multipliziert wird. Eine Nor-

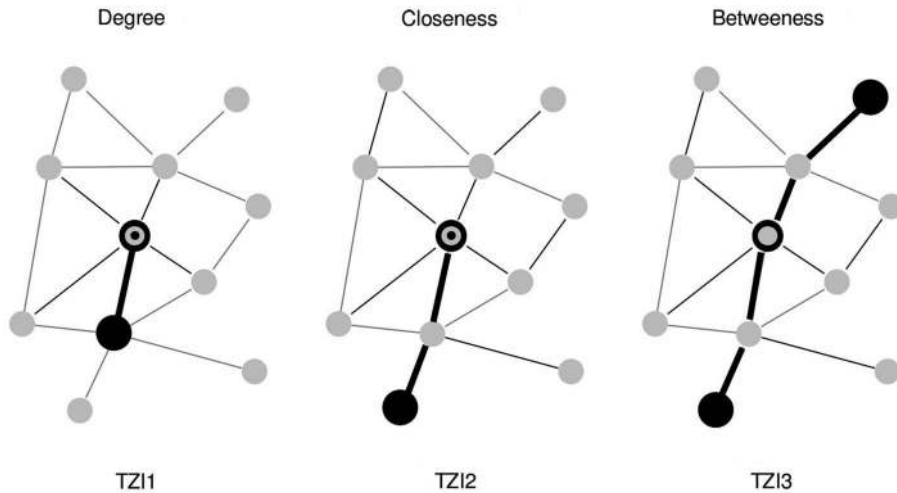


Abb. 51 Schematische Darstellung wichtiger Gruppen von Zentralitätsindizes.

mierung auf die Maximalwert kann erfolgen. Die Random Walk Centrality ist mit diesem Ansatz verwandt.

- Flow Betweenness (tZI7). Hier werden nicht nur die kürzesten Pfade, sondern alle kantendisjunkten Pfade verwendet. Diese Kennzahl wird insbesondere bei gewichteten Graphen eingesetzt. Eine Verallgemeinerung ist die Max-Flow Betweenness Vitality.
- Random Walk Betweenness (tZI8). Diese Kennzahl berücksichtigt nicht nur die kürzesten Pfade, sondern alle zyklensfreien Pfade.

Das ‚t‘ in der Kurzbezeichnung steht für ‚theoretisch‘ wie sich in der weiteren Besprechung ergeben wird. Hiermit kommt zum Ausdruck, dass es sich letztlich um Zentralitätspotentiale handelt.

Zudem sind Prestigemaße zu nennen, bei denen auf den betrachteten Knoten gerichtete Kanten verwendet werden:

- Degree-Prestige. Hierbei handelt es sich um den Degree Centrality Wert für eingehende Interaktionen. Das Verhältnis der Degree der eingehenden zur Degree der ausgehenden Interaktionen kann nützlich für die Interpretation sein.

- Proximity-Prestige. Dies ist das Äquivalent zur Closeness, wobei nur eingehende Interaktionen berücksichtigt werden. Statt der Summe der Distanzen kommt die Durchschnittslänge der Pfade zum Einsatz.
- Rank-Prestige. Hierbei handelt es sich um die Eigenvektor Centrality für gerichtete Graphen.

Die Prestigemaße können entsprechend ihrer Definition nur auf gerichtete Netzwerke angewendet werden.

Die Zentralitätsindizes greifen in der beschriebenen Form weitgehend auf die Information zu, ob zwischen je zwei Knoten eine Interaktionsbeziehung besteht oder nicht (Abb. 52 und 53). Da wir implizit weiterhin davon ausgehen, dass Mehrfachverbindungen zwischen den Orten zu Einfachverbindungen reduziert wurden und nicht die Transformation zu gewichteten Graphen vorgenommen wurde, die oben beschrieben wurde, basieren die Kennwerte auf eingeschränkten Informationen. Die Informationslücke besteht darin, dass das Ausmaß der Interaktionen zwischen zwei Orten nicht berücksichtigt wird. Damit können die Kennwerte lediglich ein Zentralitätspotential angeben,²³⁸ das durch bestimmte strukturelle Rahmenbedingungen gegeben ist. Zentralität in der Netzwerktheorie ist also mit Zentralitätspotential in unserer Terminologie gleichzusetzen. Wir sollten für die Ermittlung der realen Zentralität Zentralitätsindizes verwenden, die gewichtete Kanten berücksichtigen. Das Gewicht darf nicht die Pfadlänge sein, die wir zur Konstruktion von idealen Netzwerken verwendet haben, sondern sollte die Interaktionsintensität sein. Das können wir dadurch begründen, dass die Konzentration von Interaktion, die unsere Definition von Zentralität bildet nur beobachtet werden kann, wenn wir entsprechende numerische Daten verwenden. Boolesche Werte bleiben damit allenfalls auf atomare Interaktionen beschränkt. In den Netzwerken, die wir hier untersuchen, wurden diesen jedoch schon zusammengefasst, wenn die gleichen Interaktionspartner vorliegen. Wir können somit eine modifizierte Auswahl von Zentralitätsindizes verwenden, die gewichtete Kanten einbeziehen.

Der Bezeichnung der Indizes steht ein ‚r‘ für ‚real‘ voran und die hierarchische Notation ist selbsterklärend. Aus einigen dieser Indizes kann die theoretische Variante für ungewichtete Graphen abgeleitet werden, ohne dass diese Indizes hier aufgeführt werden.

- rZI_1 : Weighted Degree Centrality. Summe der Kantengewichte der Kanten zu allen Nachbarn. In unserer Terminologie handelt es sich um die Interaktionsintensität. Der Wert kann auf den Maximalwert normiert werden (rZI_{1n}).

238 Vgl. Mutschke 2010, 373–374.

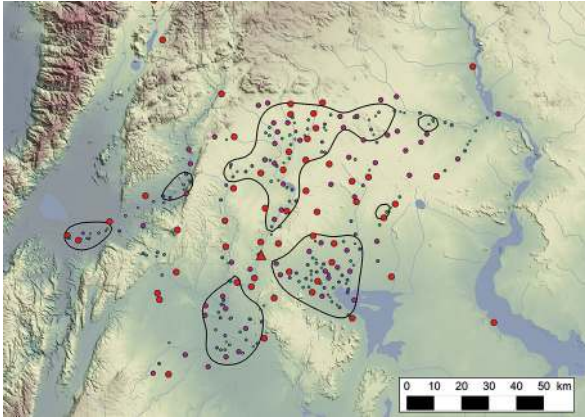


Abb. 52 Zentralitätsindizes im Fallbeispiel Aleppo: Betweenness.

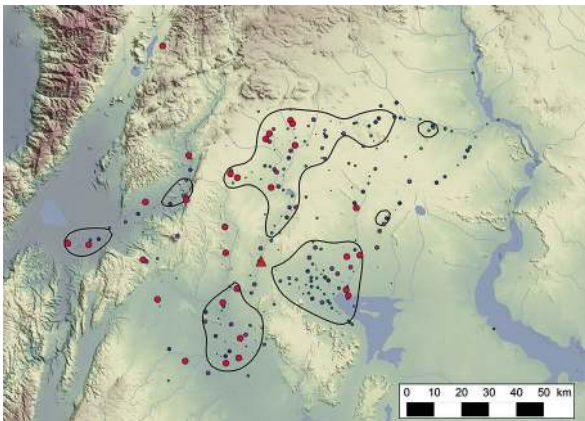


Abb. 53 Zentralitätsindizes im Fallbeispiel Aleppo: Alpha-Zentralität.

- rZI_{Ie} : Weighted incoming Degree Centrality. Summe der Kantengewichte eingehender Interaktionen von allen Nachbarn. Der Wert kann auf den Maximalwert der gewichteten Grad Zentralität normiert werden (rZI_{Ien}).
- rZI_{Ia} : Weighted outgoing Degree Centrality. Summe der Kantengewichte ausgehender Interaktionen zu allen Nachbarn. Der Wert kann auf den Maximalwert der gewichteten Grad Zentralität normiert werden (rZI_{Ian}).
- rZI_{Iv} : rZI_{Ie} / rZI_{Ia} . Auch hier können die normierten Werte verwendet werden (rZI_{Ivn}).

- rZI_{1m} : rZI_1 / tZI_1 . Hierbei handelt es sich um den Mittelwert der Kantengewichte der sich im betrachteten Punkt treffenden Kanten.
- rZI_2 : Weighted Closeness Centrality. Siehe unten zu den einzelnen Varianten der gewichteten Closness.
- rZI_{2I} : Weighted Closeness Centrality. Hier wird die Summe des minimalen Kantengewichtes der Kanten in den kürzesten Pfaden, geteilt durch die Pfadlänge für die anderen Punkte gemessen.
- rZI_{2Ia} : Weighted outgoing Closeness Centrality. Hier wird die Summe des minimalen Kantengewichtes der Kanten in den kürzesten Pfaden, geteilt durch die Pfadlänge der anderen Punkten gemessen. Es werden nur die Kanten beachtet, die vom betrachteten Punkt wegführen.
- rZI_{2Ie} : Weighted incoming Closeness Centrality. Hier wird die Summe des minimalen Kantengewichtes der Kanten in den kürzesten Pfaden geteilt durch die Pfadlänge der anderen Punkten gemessen. Es werden nur die Kanten beachtet, die zum betrachteten Punkt hinführen.
- rZI_{2IV} : rZI_{2Ie} / rZI_{2Ia}
- rZI_{2Id} : $rZI_{2I} - rZI_1$
- rZI_{22} : Weighted Closeness Centrality. Hier wird die Summe des minimalen Kantengewichtes der Kanten aller kantendisjunkten Pfade geteilt durch die Pfadlänge der anderen Punkten gemessen.
- rZI_{22a} : Weighted outgoing Closeness Centrality. Hier wird die Summe des minimalen Kantengewichtes der Kanten aller kantendisjunkten Pfade geteilt durch die Pfadlänge der anderen Punkten gemessen. Es werden nur die Kanten beachtet, die vom betrachteten Punkt wegführen.
- rZI_{22e} : Weighted incoming Closeness Centrality. Hier wird die Summe des minimalen Kantengewichtes der Kanten aller kantendisjunkten Pfade geteilt durch die Pfadlänge der anderen Punkten gemessen. Es werden nur die Kanten beachtet, die zum betrachteten Punkt hinführen.

- rZI_3 : Weighted Betweenness. Siehe unten zu den einzelnen Varianten der gewichteten Betweenness.
- rZI_{31} : Weighted Betweenness. Die Summe der minimalen Kantengewichte der kürzesten Pfade zwischen allen Punkten, auf denen der betrachtete Punkt liegt. Eine Normierung auf das höchste Kantengewicht kann erfolgen (rZI_{41n}).
- rZI_{32} : Weighted Betweenness. Die Summe der minimalen Kantengewichte aller kantendisjunkten Pfade zwischen allen Punkten, auf denen der betrachtete Punkt liegt. Eine Normierung auf das höchste Kantengewicht kann erfolgen (rZI_{42n}).
- rZI_{31d} : $rZI_{31} - rZI_{21}$
- rZI_{32d} : $rZI_{31} - rZI_{22}$
- rZI_4 : Dies ist das gewichtete Pendant zur Eigenvektor Zentralität. Der Wert ergibt sich schlichtweg aus der Summe der rZI_1 -Werte der Nachbarn.
- rZI_5 : Das ist die kantengewichtete Exzentrizität also maximale Distanz zu allen anderen Punkten eines Knotens in dem Teilgraph, in dem nur der betrachtete Punkt und alle untergeordneten Punkte enthalten sind.
- rZI_6 : Die Exzentrizität der Wurzel des Graphen abzüglich der Distanz zur Wurzel gibt das Hierarchieniveau eines Knotens in einem Baum an.

Die Anwendbarkeit dieser Indizes hängt von der Datengrundlage und der Fragestellung ab. Auch wenn keiner der Indizes ein universeller Zentralitätsindikator ist, erlauben sie doch eine nähere Beurteilung der Zentralität von Netzwerkknoten. Ihrer Definition entsprechend gelten sie allerdings nur für einzelne Knoten und geben zunächst nur wenige Informationen zur Charakterisierung des gesamten Netzwerkes. Hier hilft eine Herangehensweise, die wir schon mehrfach angewendet haben. Zunächst kann die Verteilung der Werteklassen der Indizes in einem Histogramm dargestellt werden. Eine gleichmäßige Verteilung spricht hier für eine gering ausgeprägte Hierarchie oder eine Heterarchie. Zudem muß auch die räumliche Verteilung betrachtet werden. Hier kommen wieder Kartierungen und Autokorrelationstests zum Einsatz.

Nun soll das Interpretationspotential der rZI -Klassen kurz skizziert werden. rZI_1 gibt Informationen zum Austausch mit Nachbarn und ist damit ein gutes lokales Interaktions- und damit Zentralitätsmaß, wenn eine entsprechende räumliche Verteilung und Werteverteilung vorliegt. Ein hoher rZI_1 -Wert weist dann auf Zentralität hin, wenn

der Wert mit Distanz zum Zentrum im Territorium abnimmt. rZI_2 ist hingegen ein Indikator für Gesamtaustausch des betreffenden Knoten. Seine Bedeutung im Vergleich zu rZI_1 wird durch das Netzwerkmodell bestimmt. In einem Netzwerk, das gewissermaßen auf ein Voronoidiagramm projiziert wurde laufen allen Verbindungen durch die benachbarten Punkte. In diesem Fall gibt rZI_2 die Reichweite der Interaktionen an. Enthält das Netzwerk hingegen direkte Fernverbindungen, dann spiegelt dieser Wert das Verhältnis von nahem und fernem Umland wider. Dominiert rZI_1 , dann liegt ein lokales Zentrum vor. Dominiert hingegen rZI_2 , handelt es sich eher um ein Fernhandelszentrum.

rZI_4 ist hoch, wenn die Nachbarn zentral sind. Das kann der Fall sein, wenn wir es mit einer zentralen Region zu tun haben, oder wenn in einer Monohierarchie auf untergeordnete Zentren verwiesen wird. rZI_4 erlaubt diese Fälle zu unterscheiden, da es sich hier um einen deutlichen Hierarchieindikator handelt. rZI_3 zeigt vor allem Transitinteraktionen an. Hohe Werte deuten die Lage an einer Verkehrsachse in einem Netzwerk mit Kantenhierarchie an. Mit Hilfe von rZI_3 kann die Reichweite beurteilt werden. Ist diese hoch, so bestätigt sich die entsprechende Interpretation des Knotens im Verlauf einer Verkehrsachse. Aber auch hier sind die Kartierungen ein wichtiger Interpretationshinweis.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Zentralitätsindizes weniger für die Feststellung der Gesamtzentralität, als für eine differenzierte Betrachtung der Zentralität geeignet sind. Sie bilden damit eine Ergänzung zur Dichteanalyse der atomaren Knoten. Der Sachverhalt, dass hier jeweils unterschiedliche Facetten von Zentralität in Erscheinung treten, ist wichtig und lässt einfache Unterscheidungen von zentralen und nicht zentralen Orten als um so fragwürdiger erscheinen.

Theoriebasierte Entwicklung der Zentralitätsmaße

Das bisher gesagte hat uns mit den Zentralitätsindizes vertraut gemacht und ergänzend zum Forschungsstand einige, für die empirische Forschung nützliche Indikatoren entwickelt. Zurecht oft beklagt wird ein Theoriedefizit bei der Verwendung von Zentralitätsindizes.²³⁹ Dem wollen wir mit einer systematischen Beschreibung von Netzwerkzentralität auf der Basis der theoretischen Grundlagen begegnen, die wir uns in diesem Beitrag erarbeitete haben. Wir lassen uns hierbei von den wesentlichen Fragestellungen leiten, berücksichtigen die unterschiedlichen Typen von Netzwerken und wenden ausgewählte Zentralitätsindizes an.

Zunächst gehen wir davon aus, dass Zentralität etwas komplexes ist, dass sehr unterschiedliche Aspekte besitzt. Diese können wir als Dimensionen von Zentralität auffassen und Zentralität damit in einem Vektor beschreiben. Die einzelnen Aspekte sind:

239 Mutschke 2010, 375.

- Interaktionsintensität (I)
- Interaktionsreichweite (R)
- Hierarchieniveau (H)
- Interaktionskontrolle (K)

Die Gesamtzentralität ergibt sich demnach als der Betrag beziehungsweise die Länge des Vektors (I,R,H,K). Ein Problem ist die Skalierung. Die Werte der unterschiedlichen Indizes sind nicht vergleichbar. Gelöst wird dieses Problem durch eine Normierung auf den jeweils maximal möglichen Wert. Ist die Ermittlung dieser Werte schwierig, wie etwa bei den Indizes der intensitätsgewichteten Graphen, so kann man sich mit einer Normierung auf den Mittelwert behelfen. Diese Lösung ist allerdings unbefriedigend, da sie die Indizes nur bedingt vergleichbar macht und auf der Prämisse beruht, dass die meisten Orte ähnliche Werte aller Indizes um den Mittelwert besitzen. Im Fall einer Kette haben alle Knoten eine relativ hohe Betweenness und einen geringen Degree. Die Mittelwerte korrespondieren offensichtlich nicht.

Betrachten wir diese Aspekte etwas näher, so können wir schon einige Kennzahlen zuordnen. Das Zentralitätspotential wird grundsätzlich mit den traditionellen Zentralitätsindizes (tZI) angegeben während sich die reale Zentralität aus undefinierten Indizes (rZI) ergibt.

Die Interaktionsintensität ergibt sich als Summe der Interaktionen, die ein Knoten aufweist. Das entsprechende Potential ist durch die Anzahl der Nachbarn gegeben. Wenn Mittelwerte der Indizes für verschiedene Distanzklassen ermittelt und in einer Graphik über der Distanz aufgetragen werden, so ergeben sich Hinweise zur Reichweite.

Hinweise zur Hierarchie lassen sich gewinnen, wenn man die einen Vergleich der Zentralitätsindizes mit den Nachbarn durchführt. Zunächst ist hier an die Eigenwertzentralität zu denken, die sich ja als Summe der Zentralitäten der Nachbarn ergibt. Entsprechende Werte können jedoch auch aus der Interaktionsintensität abgeleitet werden. Die Interaktionskontrolle ergibt sich aus der Möglichkeit Kontakte zwischen potentiellen Interaktionspartnern herzustellen oder zu unterbinden. Die Betweenness bildet diesen Zusammenhang ab und zeigt strategische Lagen im Netzwerk wie Gateways an.

Bei der Ermittlung, welcher Parameter optimiert wurde, hilft die Closeness. Im gegebenen Arbeitsgebiet ist die Closeness an dem Knoten am höchsten, dessen Lage bezüglich der anderen Punkte distanzoptimiert ist. Ist die Closeness gewissermaßen auf die Interaktionen bezogen, ergibt sich der kostengünstigste Punkt bei distanzunabhängigen Transportkosten. Auch diese Werte lassen sich in einer Graphik über der Distanz

darstellen, womit Aussagen dazu ermöglicht werden, für welche Reichweite ein Zentrum am besten optimiert ist.

Ungewichtete freie Netzwerke (ufN)

Ungewichtete freie Netzwerke eignen sich vor allem für die Untersuchung von Sozialstrukturen. Siedlungsstrukturen werden wesentlich durch räumliche Aspekte geprägt, so dass sie sich durch diesen Netzwerktyp weniger gut abbilden lassen. Bei ungerichteten freien Netzwerken kommen die traditionellen Zentralitätsindizes für die Ermittlung des Zentralitätspotentials zum Einsatz.

Die Interaktionsintensität wird mit dem Degree (tZI_1) angegeben. Die Anzahl der direkten Interaktionspartner spiegelt in einem Netzwerk, in dem es nur direkte Verbindungen gibt, sehr gut die Möglichkeit wider eine hohe Interaktionsintensität zu erreichen.

Die Interaktionsreichweite kann aus dem Degree weder als Pfadlänge noch als euklidische Distanz abgeleitet werden. Die Pfadlänge ist für alle Interaktionspartner 1. In gewissem Maße kann die Reichweite durch die Closeness (tZI_2) erschlossen werden. Dieser Wert gibt die Erreichbarkeit aller anderen Punkte an. Ist dieser Wert hoch, so kann angenommen werden, dass relativ großen Bereiche des Netzwerkes durch direkte Kontakte abgedeckt werden.

Hinweise auf das Hierarchieniveau gibt die Eigenwertzentralität, die sich aus den Werten der Interaktionspartnern ergibt.

Die Interaktionskontrolle lässt sich aus der Betweenness (tZI_3) erschließen. Dieser Wert betrifft nicht aktuelle Interaktionen im System, da in freien Netzwerken nur direkte Interaktionen erfasst sind. Dieser Wert ist aber relevant für die Anbahnung künftiger Interaktionsbeziehungen. Neue Interaktionen werden am ehesten zwischen Knoten aufgebaut, die im Netzwerk eine geringe Distanz aufweisen.

$$\text{Gesamtzentralität: } tZ(\text{ufN}) = (tZI_1, tZI_2, tZI_4, tZI_3)$$

Distanzgewichtete freie Netzwerke (dfN)

Auch distanzgewichtete Netzwerke erlauben nur Aussagen zum Zentralitätspotential. Hier wird allerdings der geographische Raum berücksichtigt womit ein wesentlicher Aspekt der Bewertung von Siedlungsstrukturen in den Fokus gerät. Dieser Typ von Netzwerken ist beispielsweise geeignet die Fernhandelsbeziehungen auf archäologischer Basis zu beurteilen. Fernhandel zeichnet sich archäologisch dadurch aus, dass Herkunftsregion und Zielort bekannt sind, die Handelsroute aber oft nur mittelbar abgeleitet werden kann. Diese vermeintlich direkten Kontakte lassen sich gut durch freie Netzwerke darstellen. Räumliche Distanzen sind ungeachtet der Tatsache, dass nicht immer

die exakte Route bekannt ist, ein wichtiger Aspekt, der in die Betrachtung einfließen kann.

Für die Analyse von Siedlungsstrukturen ist dieser Netzwerktyp nur bedingt geeignet, da selten hinreichende empirische Belege für die Interaktionen im Nahbereich vorliegen.

Bei der Ermittlung der Interaktionsintensität kommt tZI_1 zum Einsatz. Die Interaktionsreichweite wird als mittlere Distanz der Interaktionspartner eines Knoten angegeben (rZI_{1m}). Dieser Wert ist die Summe der Distanzen (rZI_1) geteilt durch die Anzahl der Interaktionspartner (tZI_1).

Das Hierarchieniveau wird mit tZI_4 bestimmt. Auf diesen Kennwert hat die Kantengewichtung mit geographischen Distanzen keinen Einfluss. Bei der Interaktionskontrolle mit Betweenness ist das anders. Hier kann sich durch die Kantengewichtung der Verlauf der kürzesten Pfade ändern. Demnach verwenden wir rZI_3 .

$$\text{Gesamtzentralität: } tZ(dfN) = (tZI_1, rZI_{1m}, tZI_4, rZI_3)$$

Intensitätsgewichtete freie Netzwerke (ifN)

Intensitätsgewichtete freie Netzwerke liefern Angaben zur realen Zentralität. Auch dieser Netzwerktyp eignet sich zur Analyse von Fernhandelsbeziehungen. Hierfür müssen die Interaktionen quantifizierbar sein. Für Beziehungen im Nahbereich ist das selten gegeben, so dass intensitätsgewichtete freie Netzwerke für die Analyse von Siedlungsstrukturen eher ungeeignet sind.

Die Interaktionsintensität ergibt sich als Summe der Kantengewichte (rZI_1). Die Reichweite ist ein Problem. Sie kann wie bei den ungewichteten Netzwerken bedingt durch die Closeness (tZI_2) erschlossen werden. Da es sich hierbei jedoch um ein geographisches Phänomen handelt, sollte der Wert der distanzgewichteten Netzwerke verwendet werden.

Analog zur Verwendung der Eigenwertzentralität wird hier das Hierarchieniveau als die Summe der Zentralitäten der Nachbarn aufgefasst. Allerdings wird der rZI_1 -Wert der Nachbarn summiert.

Für Beurteilung der Interaktionskontrolle verwenden wir die kantengewichtete Betweenness (rZI). Hierbei werden die kürzesten Pfade so gewählt, dass sie tendenziell entlang der größten Interaktionsströme verlaufen.

$$\text{Gesamtzentralität: } rZ(ifN) = (rZI_1, rZI_2, rZI_4, rZI_3)$$

Gerichtete intensitätsgewichtete freie Netzwerke (gifN)

Verwenden wir gerichtete Graphen, so müssen auch die Indizes angepasst werden. Die Rekonstruktion dieser Graphen ist jedoch schwierig, da wir oft nur ausgewählte Infor-

mationen Interaktionen vorliegen haben. Bei Handelsbeziehungen muss man grundsätzlich – im Sinne einer ausgewogenen Bilanz – von etwa gleich großen Flüssen in beide Richtungen ausgehen. Oft aber lassen sich die Güterströme nur in eine Richtung beurteilen, da der Rückfluss aus organische Materialien besteht und damit archäologisch schwer fassbar ist.

Für die Interaktionsintensität werden rZI_{1e} und rZI_{1a} verwendet, die jeweils nur die ein- beziehungsweise ausgehenden Interaktionen berücksichtigen. Ebenso gehen wir bei der Interaktionsreichweite vor und wenden rZI_{21e} und rZI_{21a} an

Das Hierarchieniveau schätzen wir mit tZI_{1e} und tZI_{1a} ab. Diese Kennwerte geben die Anzahl der Nachbarn ein- beziehungsweise ausgehender Interaktionen ab. Der Index zur Interaktionskontrolle bleibt von der Richtung unbeeinflusst.

$$\text{Eingehende Gesamtzentralität: } rZ(\text{gifN})_e = (rZI_{1e}, rZI_{21e}, tZI_{1e}, rZI_3)$$

$$\text{Ausgehende Gesamtzentralität: } rZ(\text{gifN})_a = (ZI_{1a}, rZI_{21a}, tZI_{1a}, rZI_3)$$

Ungewichtete gebundene Netzwerke (ugN)

Gebundene Netzwerke zwingen die Interaktionen zur Nutzung einer gegebenen Infrastruktur. Hiermit lassen sich also besonders gut Siedlungssysteme abbilden, bei denen die Siedlungen durch Verkehrswege verbunden sind. Die Wege können empirisch ermittelt werden oder mit Hilfe des Delaunay-Graphen modelliert werden. Auch hier ergeben ungewichtete Netzwerke Hinweise zum Zentralitätspotential.

Die Anzahl der Nachbarn ist in einem gebundenen Netzwerk weniger geeignet zur Bestimmung der Interaktionsintensität, da dieser Wert durch die Infrastruktur vorgegeben ist. Der Wert gibt nicht die reale Anzahl von Interaktionspartner an, da gestaffelte Interaktionen vorkommen. In einem Netzwerk dieses Typs kann die Interaktionsintensität nicht sinnvoll beschrieben werden.

Für die Reichweite gelten die Überlegungen zu freien Netzwerken. Wir verwenden tZI_2 . Entsprechendes gilt für die Hierarchieniveaus, die wir mit tZI_4 abschätzen.

Für die Interaktionskontrolle verwenden wir tZI_3 . Dieser Kennwert ist gerade bei gebundenen Netzwerken sehr nützlich, da er strategische Positionen in der gegebenen Infrastruktur aufzeigt. Da gestaffelte Interaktionen vorkommen, gibt dieser Wert nicht nur die Möglichkeit künftiger Initialisierung und Unterbindung von Interaktionen an, sondern auch die aktuelle Kontrollmöglichkeit. In gebundenen Netzwerken ist die Betweenness also überaus aussagekräftig.

$$\text{Gesamtzentralität: } tZ(\text{ugN}) = (-, tZI_2, tZI_4, tZI_3)$$

Distanzgewichtete gebundene Netzwerke (dgN)

Vor allem für die Ermittlung des Zentralitätspotentiales in Siedlungsstrukturen sind distanzgewichtete gebundene Netzwerke nützlich. Es gelten die gleiche Überlegungen, wie bei den ungewichteten gebundenen Netzwerken, wobei allerdings räumliche Aspekte eine zusätzliche Rolle spielen.

Auch hier gibt es keine gute Möglichkeit die Interaktionsintensität zu ermitteln. Mit Hilfe der inversen Summe der Distanzen zu den Nachbarn lässt sich allerdings ein Wert abzuschätzen.

Die Interaktionsreichweite kann mit rZI_2 ermittelt werden. Dieser Wert gibt hier an, wie hoch die geometrische Zentralität im Arbeitsgebiet ist, wie gut also die Distanzoptimierung im gegebenen Arbeitsgebiet erfolgt ist. Bezogen auf das Arbeitsgebiet zeigt der Wert, wie weit ein Ort dem Siedlungsstrukturmodell Christallers entspricht.

Zur Beurteilung der Hierarchieniveaus dient tZI_4 und auch hier ist die Betweenness ein sehr aussagekräftiger Wert für die Interaktionskontrolle. Hier allerdings berücksichtigen wir die Distanzen für die Berechnung der kürzesten Pfade und wenden somit rZI_3 an.

$$\text{Gesamtzentralität: } tZ(dgN) = (rZI_1, rZI_2, tZI_4, tZI_3)$$

Intensitätsgewichtete gebundene Netzwerke (igN)

Intensitätsgewichtete gebundene Netzwerke können gute Werte der realen Zentralität von Siedlungsstrukturen liefern. Allerdings ist es schwierig diese Netzwerke mit den hohen Ansprüchen an die Datengrundlagen zu rekonstruieren.

Die Interaktionsintensität wird als Summe der Kantengewichte angegeben (rZI_1). Die Reichweite wird mit rZI_2 abgeschätzt. Im Gegensatz zu den distanzgewichteten Netzwerken gibt dieser Wert nicht an, wie gut der betrachtete Punkt dem geometrischen Zentrum im Arbeitsgebiet entspricht, sondern wie gut die Lage hinsichtlich der Gesamtkosten bei distanzunabhängigen Transportkosten optimiert wurde. Das geometrische Zentrum ist in diesem Sinne dann ungünstig, wenn die Interaktionen in eine Richtung intensiver sind. Zur Optimierung wird das Zentrum in diese Richtung verschoben, um die Anzahl der Interaktionen zwischen Orten zu minimieren.

Das Hierarchieniveau kann mit rZI_4 abgeschätzt werden und rZI_3 gibt sehr aussagekräftige Werte zur Interaktionskontrolle. Insbesondere wenn wir in einem gebundenen Netzwerk die kürzesten Pfade mit einem distgewichteten Netz berechnen und diese Pfade mit einem intensitätsgewichteten Netz gewichten, ergibt sich ein Wert, der die Interaktionsintensität recht gut abbildet.

$$\text{Gesamtzentralität: } rZ(igN) = (rZI_1, rZI_2, rZI_4, rZI_3)$$

Gerichtete hierarchische Netzwerke (ghN)

Hierarchische Netzwerke sind grundsätzlich gerichtet. Die Richtung ist von der jeweiligen Definition abhängig und verweist bei uns auf den übergeordneten Knoten. In Monohierarchien gibt es einen übergeordneten Knoten und in Polyhierarchien können es mehrere sein. In Monohierarchien ist grundsätzlich die Wurzel des Baumes der zentralste Knoten. In Polyhierarchien sind mehrere Wurzeln denkbar, wir beziehen uns dann mit der Bezeichnung Wurzel auf jene mit dem höchsten Hierarchieniveau. Hierarchische Netzwerke können zur näheren Untersuchung von rekonstruierten Sozial- und Siedlungshierarchien verwendet werden.

Die Interaktionsintensität wird als die Summe der untergeordneten abzüglich der übergeordneten Knoten angesehen ($tZI_{1e}-tZI_{1a}$). Die Interaktionsreichweite erstreckt sich nur auf die untergeordneten Knoten. Die Exzentrizität, also maximale Distanz zu allen anderen Punkten eines Knotens in dem Teilgraph, in dem nur der betrachtete Punkt und alle untergeordneten Punkte enthalten sind, stellt die Interaktionsreichweite dar (tZI_5).

Das Hierarchieniveau wird als Exzentrizität der Wurzel abzüglich der Distanz zur Wurzel (tZI_6) angegeben. Die Interaktionskontrolle hingegen kann mit dem traditionellen Betweenness-Wert angegeben werden.

$$\text{Gesamtzentralität: } tZ(\text{ghN}) = (tZI_{1e}-tZI_{1a}, tZI_5, tZI_6, tZI_3)$$

Gerichtete intensitätsgewichtete hierarchische Netzwerke (gihN)

Die Intensitätsgewichtung ändert nicht viel an der Verwendung der Kennwerte. Wir greifen nur teilweise auf die Variante für kantengewichtete Graphen zurück.

Die Interaktionsintensität wird mit $rZI_{1e}-rZI_{1a}$ angegeben. Bei der Reichweite greifen wir auf die ungewichtete Variante zurück, da tZI_5 die Interaktionsintensitäten hier eine geringere Rolle spielen. Das gleiche gilt für das Hierarchieniveau, das wir mit tZI_6 angeben. Die Interaktionskontrolle wird nun allerdings wieder mit einem Index für kantengewichtete Graphen angegeben (rZI_3).

$$\text{Gesamtzentralität: } rZ(\text{gihN}) = (rZI_{1e}-rZI_{1a}, tZI_5, tZI_6, rZI_3)$$

Zentralität und Zentralitätspotential

Die distanzgewichteten und intensitätsgewichteten Netzwerke haben sich in einigen Fällen als substitutiv erwiesen. Für die Gegenüberstellung von Real- und Idealzentralität beziehungsweise Zentralitätspotential ist eine Zusammenfassung demnach sinnvoll:

Die reale Gesamtzentralität ergibt sich:

$$rZ(fN) = (rZI_1(ifN), rZI_2(dfN), rZI_4(ifN), rZI_3(ifN))$$

$$rZ(gN) = (rZI_1(igN), rZI_2(dgN), rZI_4(igN), rZI_3(igN))$$

$$rZ(hN) = (rZI_{1e}(gihN)-rZI_{1a}(gihN), tZI_5(guhN), tZI_6(guhN), rZI_3(gihN))$$

Das Zentralitätspotential ergibt sich als:

$$tZ(fN) = (tZI_1(ufN), tZI_2(ufN), tZI_4(ufN), rZI_3(dfN))$$

$$tZ(gN) = (tZI_1(dgN), tZI_2(dgN), tZI_4(ugN), rZI_3(dgN))$$

$$tZ(hN) = (tZI_{1e}(guhN)-tZI_{1a}(guhN), tZI_5(guhN), tZI_6(guhN), rZI_3(guhN))$$

Der Vergleich von je zwei dieser Zentralitätsvektoren für gleichartige Netzwerke ist für die Interpretation sehr nützlich, da hier beurteilt werden kann, welche Aspekte des Zentralitätspotentials ausgeschöpft beziehungsweise überreizt worden sind. Hierarchische Netzwerke sind gewissermaßen ein Sonderfall, dem in einem ersten Schritt die Anwendung der anderen Indikatoren vorangestellt werden muss.

Cliquen

Cliquen sind Teilgraphen, die sich durch eine höhere Netzwerkdichte von ihrem Umfeld absetzen.²⁴⁰ Im engeren Sinne werden Cliquen als vollständige Teilgraphen aufgefasst. Eine Verallgemeinerung sind n-Cliquen, die n Zwischenschritte erlauben. Verwandt hiermit ist das Konzept der n-Clans. Ein k-Plex hingegen ist ein fast vollständiger Teilgraph, in dem maximal k Kanten für jeden Knoten fehlen dürfen. Hier wird gewissermaßen ein lokaler Netzwerkdichteschwellenwert festgelegt.

In unserem Zusammenhang erlauben Cliquen, je nach Kontext, unterschiedliche Interpretationen. Es kann sich um die Territorien von Zentralorten handeln, die durch erhöhte Interaktion verbunden sind. In diesem Fall handelt es sich um Netzwerke mit hoher Distanzrelevanz und hohem Kopplungsgrad. Cliquen können aber auch zentrale Regionen sein. Hierbei werden die zentralen Funktionen von mehreren Siedlungen gemeinsam erfüllt. Wenn die Interaktionsintensität innerhalb der Clique gering oder moderat ist, kann eine Interpretation als Heterarchie in diesem Teilgraphen naheliegen.

Cluster

Cluster sind natürliche Gruppen von Knoten.²⁴¹ Hier können ähnliche Methoden angewendet werden, wie sie im Kapitel zur Klassifikation beschrieben wurden. Auch hier ist

240 Hanneman und Riddle 2005; Kosub 2005; Täube 2010.

241 Gaertler 2005.

zwischen partitionierenden und agglomerierenden Verfahren zu unterscheiden. Erstere unterteilen den Graphen in Teilgraphen durch das Lösen schwach gewichteter Kanten. Agglomerierende Verfahren hingegen fassen solange Knoten zu Gruppen zusammen, bis ein Schwellenwert der Kantengewichte oder der Gruppenzahl erreicht wurde. Begonnen wird hier mit den hohen Gewichten. Wie Cliques zeigen Cluster Gruppen an, die durch erhöhte Interaktion verbunden sind. Hier steht aber nicht die Anzahl, sondern die Gewichtung der Kanten im Fokus der Betrachtung. Monohierarchisch organisierte Territorien lassen sich nicht als Cliques, sondern nur als Cluster erkennen. Der Vergleich beider Analysen führt zu entsprechenden Interpretationen.

Superposition

Eine wesentliche Frage ist, ob Polyhierarchie durch Überlagerung mehrerer Monohierarchien entstehen oder eine einheitliche Struktur darstellen. Die Netzwerkanalyse bietet keine Werkzeuge zur Klärung dieser Frage. Die Dekomposition gerichteter Graphen in Teilgraphen die auf einen Knoten ausgerichtet sind kann hier jedoch hilfreich sein.

4.6 Ideal und real

Der Vergleich idealer und realer Strukturen ist für die Interpretation sehr hilfreich. Insbesondere dann, wenn Abweichungen auftreten können, diese den Ausgangspunkt zur Erklärung der Strukturen bilden. Der Begriff des Zentralisierungspotentials spielt hier eine wichtige Rolle.

Bestimmte Rahmenbedingungen können die Entstehung zentraler Orte begünstigen. Lokaler Reichtum, der aus Rohstoffen oder Raubzügen stammt, ist hier ebenso von Bedeutung wie die Raumverfügbarkeit oder die Verkehrsanbindung. Wir können hier ein naturräumliches von einem strukturellen Zentralisierungspotential unterscheiden. Die naturräumliche Ausstattung bestimmter Orte kann diese prädestinieren. Die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln kann in Gebieten mit guten Böden und einer guten Wasserversorgung einfacher sein als in anderen und damit die Möglichkeiten bieten Menschen beziehungsweise Interaktionsknoten zu akkumulieren. Die ideale Siedlungsdichte, die sich aus der Archäoprognose ergibt kann das abbilden. Aber auch das Vorhandensein von Rohstoffen kann zu Zentralität in unserem Sinne führen, wenn dieser abgebaut und verhandelt wird. Zu erwähnen ist schließlich die Lage an natürlichen Verkehrsachsen.

Das strukturelle Zentralisierungspotential basiert auf einer gegebenen Siedlungsstruktur. Hier sind die traditionellen Zentralitätsindizes von Bedeutung. Sie geben an, welche Bedeutung eine Siedlung im Siedlungssystem spielen kann. So ist es denkbar,

dass naturräumlich hervorgehobene Lagen strukturell ungünstig sind und deshalb kein Zentralort entsteht. Ebenso können aufgrund der guten strukturellen Einbettung ungünstige Lagen zu Zentralorten führen. Hier gilt es zu untersuchen wie die naturräumlichen Mängel ausgeglichen werden und ob es harte Grenzen der Zentralität gibt.

Bei Entstehung oder Aufgabe zentraler Orte ist eine wesentliche Frage, ob die Ursache in einem Wandel des naturräumlichen oder strukturellen Zentralitätspotential besteht oder andere Faktoren eine Rolle spielen. Zunächst zeigt der Vergleich der idealen und realen Interaktionsknotendichte sowie der idealen und realen Zentralitätsindizes, ob stabile, angepasste Strukturen bestehen oder ob dynamische Bereiche zu erkennen sind. Auf dieser Basis können die relevanten Parameter näher betrachtet werden.

4.7 Analysestrategien

Bisher wurden die Methoden geordnet nach den Datengrundlagen dargestellt. Im folgenden sollen sie aus Sicht der Fragestellung besprochen werden. Da die Methoden schon detailliert vorgestellt wurden, kann hier eine knappe Übersicht genügen. Die aufgeführten Analysestrategien bilden komplementäre Ansätze, die unterschiedliche Aspekte beleuchten und sich nicht ersetzen können. Die Frage der Zentralität ist im Kern eine Frage nach räumlichen Organisationsstrukturen. Demnach gilt es als erstes zu klären welcher Art die Organisationsstrukturen im Arbeitsgebiet sind. Zeichnet sich eine hierarchische Organisation ab, gilt es die Zentren zu identifizieren und zueinander in Beziehung zu setzen. Schließlich kann versucht werden näheres über die Siedlungsstruktur und die in sie eingebundenen Siedlungen zu erfahren.

4.7.1 Zentralitätsverteilung

Die nächste Analysestrategie setzt an der räumlichen Verteilung von Zentralität im Sinne der Konzentration von Interaktion an. Folgt die Bevölkerungsverteilung den naturräumlichen Gegebenheiten, also ist die Bevölkerung so verteilt, dass eine optimale Nutzung des Naturraums gegeben ist, so liegt eine Zentralität im eigentlichen Sinne nicht vor. Jede Gemeinschaft kann unabhängig ihre Bedürfnisse befriedigen, ohne in Interaktion mit anderen treten zu müssen. Der Naturraum führt durch die unterschiedliche Bevölkerungsverteilung lediglich zu unterschiedlichen Interaktionspotentialen. Weicht die Bevölkerungsverteilung von dem idealen Modell ab, so können wir schließen, dass eine Interaktion notwendig geworden ist und die Dichtezentren zentrale Orte sind. Die Abweichungen können möglicherweise als das Ergebnis von Optimierungen der Organisationsstrukturen interpretiert werden.

1. Ideale Bevölkerungsdichte. Anhand der naturräumlichen Daten wird für ein Modell einer idealen Bevölkerungsverteilung ermittelt.
2. Reale Bevölkerungsdichte. Anhand der empirischen Daten wird die reale Bevölkerungsverteilung ermittelt.
3. Bevölkerungsdichteanomalien. Von der realen wird die ideale Dichte subtrahiert.
4. Signifikanzbeurteilung. Es ist zu prüfen, ob die Abweichungen signifikant sind oder im Bereich der natürlichen Streuung liegen.
5. Zentren. Als Zentren können die lokalen Dichtemaxima der Bevölkerungsdichteanomalien angesprochen werden.
6. Hierarchieniveaus. Die Zentren werden anhand der Werte der Bevölkerungsdichteanomalien auf einer logarithmischen Skala klassifiziert.

4.7.2 Distanzanalysen

In dieser Strategie gehen wir die Betrachtung der Siedlungsstrukturen von der Seite der Distanzen an. Hierbei unterscheiden wir zwischen den Nachbarschaftsdistanzen und den Distanzen zu einem Referenzpunkt, meist einem Zentrum.

Nachbarschaftsdistanz

Die Distanzen zum nächsten Nachbarn ermöglichen verschiedene Analysemöglichkeiten. Zunächst bietet sich eine Darstellung der Nachbarschaftsdistanzen in einem Histogramm an. Ein kumulatives Distanzdiagramm entspricht der Darstellung der G-Funktion und hilft Clusterung, Gleichverteilung und Zufallsverteilung zu unterscheiden. Eine wichtige Frage ist es, ob die Siedlungen um Zentralorte tatsächlich geclustert sind. Zunächst wird eine exploratorische Gleitfensteranalyse mit der G- und F-Funktion durchgeführt. Anschließend erfolgt im möglichen Territorium eines Zentralortes die Analyse mit der F-Funktion. Diese zeigt uns, ob im Arbeitsgebiet ein lokales Cluster vorhanden ist. Das Arbeitsgebiet wird auf dieses Cluster eingeschränkt um den Einfluss von außerhalb liegenden Siedlungen auf die folgende Analyse zu verhindern. Nun wird eine G-Funktions-Analyse durchgeführt, die zeigt, ob clusterintern eine Gleichverteilung vorliegt oder ob wir ein Dichtezentrum erwarten können. Das Dichtezentrum wird abschließend als lokales Maximum der Dichtewerte ermittelt. Jeder Schritt dieser

Analyse wird durch eine optische Plausibilitätseinschätzung anhand einer Siedlungskarte begleitet.

Ein Linearitätstest erlaubt es lineare Strukturen als Indikator für Kantenhierarchien zu indizieren. Gibt es Anlaß derartige Strukturen im Arbeitsgebiet anzunehmen, sollten diese rekonstruiert werden. Ein Delaunay-Graph, dessen Kanten mit der quadrierten Distanz und beziehungsweise oder mit der Betweenness gewichtet wurden, ermöglichen das.

Distanz zum Zentrum

Die folgenden Analysen ergeben Diagramme, deren Abszisse die Distanz zum Zentrum darstellt. Diese Diagramme werden in zwei Varianten erstellt, beziehungsweise enthalten zwei unterschiedliche Darstellungen für verschiedene Distanzarten. Neben der euklidischen Distanz zum Zentrum werden die reliefabhängigen Wegekosten der betreffenden Punkte zum Zentrum verwendet. Letztere werden auf das Maximum der euklidischen Distanz normiert.

Grundsätzlich werden in derartige Diagramme Werte eingetragen, die für bestimmte Distanzwerte gelten. Wir wollen jedoch Analysen für mehrere Punkte, die in einer bestimmten Distanzklasse liegen durchführen und einen repräsentativen Wert dem Mittelpunkt der Distanzklasse zuweisen. Eine Möglichkeit ist es, die Punkte nach Distanzklassen vorzusortieren. Weniger anfällig für den Einfluss willkürlicher Klassengrenzen sind Gleitfenstertechniken. Wir greifen auf der Abszisse Werte in geringem Abstand heraus und wählen für die einzelnen Analysen Punkte aus, die in einem bestimmten Intervall um diesen Wert liegen. Der Wertabstand ist hierbei deutlich geringer als die Intervallbreite, so dass wir eine scheinbar kontinuierliche Darstellung erhalten. Gegebenenfalls können wir diese Analyse für unterschiedliche Richtungssektoren separat durchführen. Je nach Skalierung der Analyse kann eine logarithmische Distanzachse sinnvoll sein. Nach diesem Schema erfolgen folgende Analysen beziehungsweise Darstellungen:

- Mittlere Distanz zum nächsten Nachbarn
- Standardabweichung der Distanzen zum nächsten Nachbarn
- Mittelwert der empirischen G-Funktion für die Punkte im betrachteten Sektor
- Punktdichte
- Mittlere Siedlungsgunst, gegebenenfalls für unterschiedliche Kategorien

- Standardabweichung der Siedlungsgunst
- Anteil an günstigen Standorten (Schwellenwert wählen)
- Richness (Klassenanzahl) lokaler naturräumlicher Einheiten
- Diversität lokaler naturräumlicher Einheiten
- Dominanz (dominante Klasse) lokaler naturräumlicher Einheiten
- Eveness lokaler naturräumlicher Einheiten
- Mittlerer Rang der Siedlungshierarchie
- Standardabweichung der Ränge der Siedlungshierarchie
- Evenness der Ränge der Siedlungshierarchie

Diese Analysen helfen uns die Frage zu beantworten, ob die Siedlungslage von der Distanz zum Zentrum abhängig ist. Die Bedeutung der Distanz lässt sich quantifizieren und möglicherweise lassen sich Territorialgrenzen ermitteln.

4.7.3 Organisationsstrukturen

Die Klassifikation der Organisationsstrukturen ist eine der wichtigsten Aufgaben Zentralitätsanalysen. Die oben vorgestellte Klassifikation ist sowohl an den relevanten Parametern wie auch an den verfügbaren Daten und Methoden orientiert. Die vier Gliederungsebenen können aufgrund des isomorphen Aufbaus mit einheitlichen Methoden bearbeitet werden.

1. Organisationstyp. Hierarchieindikatoren erlauben zu entscheiden, ob Hierarchien oder Heterarchien vorliegen. Insbesondere deutliche Größenunterschiede der Orte deuten eine Hierarchie an.
2. Organisationsgegenstand. Ist die Verteilung der zentralen Orte einer Hierarchieebene eher gleichmäßig oder linear? Lineare Muster sprechen für Kantenhierarchien. Finden Interaktionen bevorzugt zwischen gleichen oder im Niveau unterschiedlichen Partnern statt? Ersteres deutet eher auf Kantenhierarchien hin, da eine strenge Hierarchie von Orten grundsätzlich Beziehung zwischen gleichberechtigten Part-

nern zulässt. Zudem können die Indikatoren der Netzwerkzentralität helfen, zwischen Knoten- und Kantenhierarchien zu unterscheiden.

3. Distanzrelevanz. Welche Reichweite besitzen die Interaktionsverbindungen eines Ortes? Welchen Umfang besitzen die Überlappungen mit den Interaktionsradien anderer Orte?
4. Kopplungsgrad. Liegen Mehrfachzuordnungen vor? Weist ein Ort Interaktionen zu mehreren übergeordneten Orten auf?

4.7.4 Netzwerkanalysen

Die eleganteste und zugleich problematischste Analysestrategie ist die Netzwerkanalyse. In einem gegebenen Netzwerk, das durch einen Graph repräsentiert wird, werden verschiedene Parameter ermittelt, die der Klassifikation und dem Vergleich dienen. Das Problem liegt darin, dass in der Regel nicht über die notwendigen Daten verfügt wird. Relationale Daten, die zwei Orten miteinander in Verbindung bringen, liegen oft nicht vor.²⁴² Diese Daten müssen einen Fluss zwischen den beiden Orten repräsentieren, wie es in der Beziehung eines Produktions- zu einem Fundort eines Fundes der Fall ist. Derartige Beziehungen können im Allgemeinen nicht zwischen den Funden einer Verbreitungskarte aus dieser abgeleitet werden. Archäologische Netzwerke können modelliert werden. Oft werden hierbei die Beziehungen zwischen den Orten nach bestimmten, mitunter distanzorientierter Regeln konstruiert. Hierbei aber handelt es sich um einen Optimierungsprozess dessen Ergebnis ein ideales und kein empirisches Netzwerk ist. Werte die sich aus der Analyse derartiger Netzwerke ergeben müssen mit größter Vorsicht verwendet werden. Sie sind jedoch keinesfalls von vorne herein als Charakteristika empirischer Netzwerke anzusehen. Insbesondere dann, wenn Parameter erschlossen werden, die in die Netzwerkmodellierung eingeflossen sind, sind die Werte nicht verwertbar. Es liegt ein Zirkelschluss vor, es sei denn man verwendet die Werte ausschließlich zur Prüfung der Modellgüte.

Liegen für die Analyse hinreichende Daten vor, so bietet sich folgende Analyse an:

1. Modellierung verschiedener idealer Netzwerke.
2. Generierung eines Graphen mit allen verfügbaren Interaktionen.

242 Nakoinz 2009b.

	ideal/real	diachron	diatopisch
Siedlung, Parameter	–	V2	V5
Struktur, Parameter	–	V3	V6
Struktur, Ausprägung	V1	V4	–

Tab. 1 Vergleich von Zentralität.

3. Transformation des Graphen in Formen, die für die einzelnen Analysen geeignet sind.
4. Vergleich der idealen mit den realen Netzwerken und Abschätzung der optimierten Parameter.
5. Berechnung der traditionellen Zentralitätsindizes auf der Basis ungewichteter Graphen.
6. Berechnung der Topoi Zentralitätsindizes auf der Basis gewichteter Graphen.
7. Untersuchung der Verteilung der Werte in beiden Kategorien durch Histogramme, Karten und Autokorrelationstests.
8. Vergleich der idealen und realen Zentralitätsindizes und Ermittlung von Abweichungen.
9. Cluster- und ggf. Cliquenanalyse.

4.8 Vergleich von Zentralität

Zentralität ist eine Eigenschaft, die Orte nicht an sich besitzen, sondern die sie erst im Rahmen von Organisations- und Siedlungsstrukturen erhalten. Dementsprechend steht der Vergleich von Siedlungsstrukturen im Vordergrund. Auf dieser Grundlage lassen sich jedoch auch einzelne Orte miteinander vergleichen. Mit weiteren Vergleichsparametern ergeben sich sechs Vergleichstypen (Tab. 1).

V1 Der Vergleich idealer und realer Strukturen kann nur als Vergleich der jeweiligen Ausprägungen erfolgen.

- V₂ Der Vergleich unterschiedlicher Phasen einer Siedlung erfolgt im Kontext der Zentralörtlichkeit als Gegenüberstellung einzelner Parameter.
- V₃ Unterschiedliche Phasen von Siedlungsstrukturen lassen sich ebenfalls parametergestützt vergleichen.
- V₄ Unterschiedliche Phasen von Siedlungsstrukturen können aber auch direkt verglichen werden.
- V₅ Siedlungen an unterschiedlichen Orten werden parametergestützt verglichen.
- V₆ Siedlungsstrukturen an unterschiedlichen Orten werden ebenfalls parametergestützt verglichen.

Ein Vergleich ist nur möglich, wenn definiert ist, was gleich, was nicht gleich und wie groß eine Distanz ist. Es muss also eine Metrik vorhanden sein. Die entsprechende Norm muß explizit angegeben werden, wenn von der euklidischen Norm als Standard abgewichen wird.

4.8.1 Parametervergleich

Oben wurden zahlreiche Parameter für Orte oder für Siedlungsstrukturen angegeben. Sie eignen sich alle mehr oder weniger für Vergleiche. Liegt für den zu vergleichenden Gegenstand je ein Wert eines Parameters vor, so ist der Vergleich einfach. Die euklidische Distanz bietet sich hier an. Es ist zur erwägen, ob normierte Werte zum Einsatz kommen sollen.

Liegen jedoch mehrere Parameter vor, so stehen verschiedene Möglichkeiten zur Wahl. Die Werte werden zunächst in einem Vektor zusammengefasst. Es ist nun zu entscheiden, ob die einzelnen Parameter separat oder gemeinsam verglichen werden sollen. Bei einem gemeinsamen Vergleich muß eine geeignete Norm gewählt werden. Die Auflistung aus der Besprechung der Clusteranalyse gibt eine Orientierung. Während bei einem Parameter nur größer und kleiner zu unterscheiden sind, gibt es hier zahlreiche bis unendlich viele Richtungen der Unterschiede. Ein Differenzvektor dessen Länge der euklidische Norm entspricht kann eine nützlich Ergänzung zu einem Abstandsmaß sein.

4.8.2 Ausprägungsvergleich

Der Ausprägungsvergleich von Siedlungsstrukturen ist deutlich anspruchsvoller als der Parametervergleich. Auch hier gilt es zunächst eine Metrik zu definieren. Im Fall von Dichtekarten ist das Ergebnis ebenfalls eine Karte und zwar der Differenzen. Wird ein einzelner Parameter gewünscht können die Werte summiert werden.

Für den Vergleich von Graphen bieten sich zunächst andere Ansätze an. Sind Knoten in beiden Graphen die gleichen oder annähernd gleich, so können wir uns auf die Kanten konzentrieren. Wir erhalten wieder zwei zu vergleichende Vektoren, die entsprechend dem Parametervergleich gehandhabt werden können. Das gleiche gilt für den Fall dass wir die Siedlungsgewichte vergleichen wollen. Liegt jedoch eine Verschiebung der Knoten vor, so sind diese Techniken nicht mehr anwendbar. Die Lösung hängt von der Art des Unterschiedes der Strukturen ab. Können wir die Knoten beider Graphen miteinander identifizieren, so können wir die Summe der Translationen als Distanz wählen. Die Kanten können hier wie oben beschrieben verglichen werden. Sind viele Punkte zuweisbar können wir die Vereinigungsmenge beider Graphen nutzen. Wir ermitteln erst die Translationssumme und addieren eine gewichtete Distanz der booleschen Vorkommensvektoren der Knoten beider Graphen zur Vereinigung. Hier wird das Problem deutlich, dass Kantenvergleich und Knotenvergleich mit zunehmender Unähnlichkeit immer schwieriger zu verbinden sind.

Ist keine Zuordnung der Knoten zweier Graphen möglich, so können Dichtekarten durch Berechnung der Differenz verglichen werden. Ein entsprechendes Vorgehen für die Kanten wird nur in Ausnahmefällen sinnvoll sein.

Grundsätzlich ist auch eine graphentheoretische Betrachtung möglich.²⁴³ Zunächst werden die zwei Graphen auf Isomorphie geprüft. Liegt diese nicht vor, ist die Distanz also >0 , können in einem ungewichteten und ungerichteten Graphen die geringste Anzahl atomarer Graphenoperationen als Distanz aufgefasst werden, die zur Umformung des einen zum anderen Graphen notwendig sind. Wir können jedoch auch den Trick anwenden, den wir oben mit der Vereinigungsmenge der Knoten verwendet haben. Es geht darum etwas zu finden, das beide Graphen umfasst oder in beiden enthalten ist. Hier bietet sich der größte Subgraph an. Dieser kann mit den oben beschriebenen Methoden mit beiden Graphen verglichen werden. Die gesuchte Distanz ist die Summe beider Einzeldistanzen. Nachteil der graphentheoretischen Ansätze ist, dass die Geographie nicht berücksichtigt wird. Es ist fraglich ob derartige Methoden für unsere Zwecke nützlich sind.

4.8.3 Qualitative und semiquantitative Vergleiche

Da nicht alle Aspekte quantisierbar sind sollen die quantitativen Vergleiche durch qualitative Vergleiche flankiert werden. Das gilt um so mehr, da die unvollkommenen archäologischen Datenbestände in quantitativen Analysen schnell zu Rechenartefakten führen können. Eine rein qualitative Betrachtung kann mitunter diese Punkte offenlegen und andere Zusammenhänge nahelegen.

243 Baur und Benkert 2005.

Zunächst können wir hier die verschiedenen Klassifikationen von Orten und Siedlungsstrukturen anführen. Die Unterteilung in Klassen hat hier komplexere Zusammenhänge zu qualitativen oder semiquantitativen Daten zusammengefasst. Von besonderer Bedeutung ist hier die Klassifikation der Organisationsstrukturen.

Ein semiquantitativer Vergleich bietet sich auch für die Zentralitätsintensität und die Reichweite an. Oft verfügen wir nicht über präzise Messungen und in vielen Fällen müssen wir die Werte schätzen. Die Angabe von Größenklassen entspricht hier der Datenqualität. Für die Intensität verwenden wir eine einfache Klassifikation mit vier Klassen:

- 0. kein
- 1. wenig
- 2. mittel
- 3. viel

Diese Skala wird auch für die Abschätzung der Zentralitätspotentiale verwendet. Die Reichweite kann in einer entsprechenden Skala abgebildet werden oder es wird eine logarithmische Skala intervallskalierter Distanzen verwendet.

4.8.4 Zentralitätsdiagramm und räumliches Siedlungsmodell

Die graphische Darstellung verschiedener Gegenstände in Beziehung zueinander ermöglicht den ‚intuitiven‘ Vergleich unterschiedlicher Aspekte. Eine derartige Darstellung ist insbesondere dann nützlich, wenn die präsentierten Informationen soweit reduziert werden, dass komplexe Zusammenhänge erfasst werden können. Das Zentralitätsdiagramm leistet dieses (Abb. 54).

Auf der linken Seite ist die Zentralität dargestellt. Die Abszisse gibt die zentralen Funktionen an. Auf der Ordinate ist die Reichweite logarithmisch aufgetragen. Der durch diese beiden Koordinaten festgelegte Eintrag ist relativ groß und kommt damit einer Unschärfe der Reichweitenbestimmung entgegen. Das Oval, dessen Lage Funktion und Reichweite angibt wird in vier Grauwerten für die Zentralitätsintensität dargestellt. Die Grauwerte korrespondieren mit der oben angegebenen Skala. In dieses Oval eingetragen ist der Netztyp der Organisationsstruktur mit dem entsprechenden Buchstabencode.

Auf der rechten Seite wird das Zentralitätspotential angegeben. Grauwert und Lage codieren die unterschiedlichen Aspekte. Die Höhe der Felder entspricht der vierwertigen Skala der Zentralitätsintensität. Zwischenschritte sind hier möglich, sind aber nur grob geschätzt und geben damit Tendenzen an. In Abbildung 54 besitzen die Felder ihre maximale Ausdehnung.

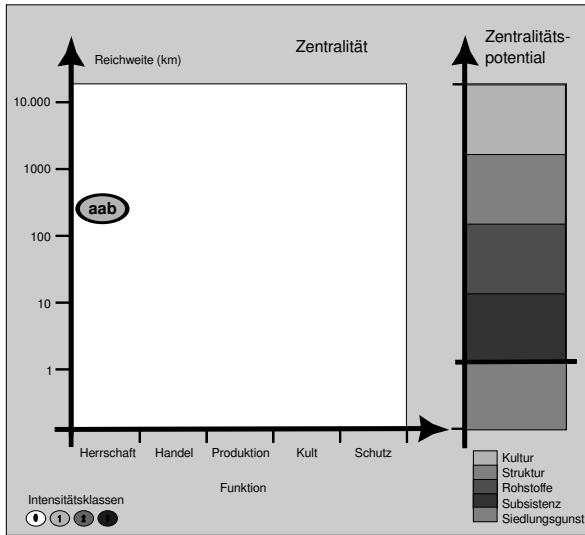


Abb. 54 Zentralitätsdiagramm.

Die codierte Angabe der Netzstruktur ist wenig anschaulich. Ergänzt wird das Zentralitätsdiagramm deshalb durch schematische Karten, die räumliche Zusammenhänge des Siedlungsmodells darstellen. Individuell angepasst, idealisiert und nicht maßstabsgetreu werden die Orte, ihre Beziehungen und die Territorien eingetragen.

4.9 Modellierung und Simulation von Zentralität

Modelle stellen, wie oben dargelegt, die Zusammenhänge und Sachverhalte einer Theorie dar. Sie sind ein schematisches Abbild der Wirklichkeit, das auf die Parameter reduziert wurde, denen in der verwendeten Theorie Relevanz zukommt. Modelle können konstruiert oder rekonstruiert sein. Erste sind als ‚Modelle für‘ die Vorlage für beziehungsweise der Bauplan von einem zu realisierenden Original. Rekonstruierte Modelle, also ‚Modelle von‘, bilden etwas zuvor vorhandenes ab. In Simulationen werden Modelle mit konkreten Inhalten gefüllt. Simulationen führen demnach einen Übergang von quantitativen Modellen mit Variablen zu quantitativen Modellen mit Konstanten durch. In der Regel dienen Simulationen dazu bestimmte Parameter zu setzen und andere Parameter abzulesen. Ein wichtiger Typ von Simulationen hat die ebenfalls oben besprochenen Optimierungsprozesse zum Inhalt. Die zentrale Frage lautet hierbei: In welche Richtung entwickelt sich ein gegebenes System mit bestimmten Parametern und konvergiert es zu einem bestimmten Zustand? Hiermit befinden wir uns auf dem Gebiet der Kybernetik.

In der Praxis ist zwischen zwei Typen der Simulation zu unterscheiden. Die parametrische Simulation betrachtet Systemparameter und verfolgt deren Entwicklung auf der Basis von globalen Parameterzusammenhängen. Die agentenbasierte Entwicklung verwendet hingegen atomare Systemeinheiten, deren Verhalten bestimmten Regeln folgt. Aus den zahlreichen, oft voneinander abhängigen Einzelaktionen der Agenten ergibt sich der Zustand des Systems nach einer bestimmten Zeit. In beiden Fällen können bestimmte Parameterwerte und Entscheidungen auf Zufallszahlen beruhen.

Der Vorteil der agentenbasierten Simulation besteht nun darin, das konkrete Verhaltensweisen angegeben und deren Folgen betrachtet werden können. Die Modellierung scheint zunächst näher an der Realität zu liegen. Alle Agenten handeln jedoch immer rational oder begehen vorherbestimmte Irrationalitäten. Es ist offen, ob sich das Gesamtsystem verbessert oder nicht. Der Vorteil der parametrischen Simulation liegt hingegen darin, das keine individuellen Verhaltensweisen mit ihren zahlreichen Abhängigkeiten und Zusammenhängen angegeben werden müssen. Die Agenten handeln nur statistisch rational und zwar so, dass sich das Gesamtsystem verbessert. Die zahlreichen Zusammenhänge, die zu diesem Ergebnis führen müssen ebenso wenig bedacht werden, wie die Irrationalitäten. Es werden globale Zusammenhänge optimiert. Zusammenfassend können parametrische Simulationen bei unzureichenden empirischen Daten und mit dem Ziel ein wirklichkeitsnahes Gesamtsystem darzustellen als einfacher realisierbar beurteilt werden.

5 Fazit der theoretischen und methodischen Überlegungen

Die vorliegende Arbeit zu Theorie zentraler Orte führt durch eine leichte Modifikation der zugrunde liegenden Theorie Christallers zu einem erheblich größeren Anwendungspotential in der empirischen Forschung. Insbesondere die Integration von Zentralorttheorie und Netzwerktheorie führt diesen Ansatz zurück in die aktuelle siedlungsarchäologische Diskussion und macht die assoziierten Methoden zu wertvollen Werkzeugen moderner Archäologie. Das vorgestellte Konzept von Zentralität bietet einige Vorteile:

1. Die Einfachheit der Theorie führt zu einem breiten Anwendungsspektrum.
2. Die Integration der Theorie Christallers und der Netzwerktheorie durch alternative Siedlungsmodelle ermöglicht es komplexere Strukturen abzubilden, als es die einzelnen vermeintlich konkurrierenden Theorien können, und bildet eine solide Basis für die künftige Forschung.
3. Die Exploration relevanter Parameter durch Vergleich des empirischen mit alternativen theoretischen Siedlungsmodellen, die zwar bei Christaller erfolgt,²⁴⁴ aber in der späteren Anwendung der zentralörtlichen Theorie einen marginalen Raum einnimmt, entspricht grundlegenden Konzepten empirischer Forschung.
4. Eine konsequente Trennung zwischen deduktiven und induktiven Modellen ist gegeben.
5. Die Theorie impliziert ein weites Spektrum an Methoden der empirischen Analyse.

244 Christaller 1933.

6. Die Integration unterschiedlicher Aspekte durch den Zentralitätsvektor erlaubt eine differenziertere Betrachtung des Phänomens ‚Zentralität‘ und damit auch eine bessere Beschreibung von Zentralisierungsprozessen.
7. Die Ausdehnung auf allgemeine Interaktion führt zur Erweiterung des Anwendungsbereiches und damit auch zur Möglichkeit der Einbeziehung schwacher Datengrundlagen.
8. Die Methoden sind über verschiedene Datenqualitäten skalierbar.
9. Die Theorie und die assoziierten Methoden bieten gute Grundlagen für den Vergleich von Zentralorten.
10. Das Konzept ermöglicht in seiner abstrakten Ausprägung den transdisziplinären Einsatz in verschiedenen Forschungsfeldern.
11. Das Theoriedefizit der Zentralitätsindizes wird gedeckt.
12. Eine einfache Einbindung in archäologisch-geographische Modelle ist möglich.

ANWENDUNG – FALLBEISPIELE

Die Forschungsgruppe A-I des Exzellenzclusters Topoi widmet sich der Erforschung zentraler Orte und ihres Umlandes. Herausragende Fundstellen oder Regionen, die Impulsgeber für ihre Umgebung waren, wurden als Fallbeispiele für eine Untersuchung der Bedeutung der zentralen Orte für das Umland und ihre Wirkung auf das Umland ausgewählt. Mit Fallbeispielen von der Bronzezeit bis in die Spätantike und vom Harz bis Kasachstan und Sudan wird ein großer zeitlicher und räumlicher Bereich abgedeckt, dessen Heterogenität nicht verwundert. Unterschiedliche historische Entwicklungen der Zentralorte, der Kulturlandschaft, in die sie eingebettet, unterschiedliche Kulturen, Religionen und Gesellschaftssysteme sowie Standortfaktoren bilden die stark variierenden Einflussfaktoren, die es zu berücksichtigen gilt. Gerade diese Heterogenität ist es jedoch, die einen Vergleich des Phänomens der Zentralität, also der Wechselwirkung mit dem Umland, unterschiedlichster Rahmenbedingungen ermöglicht. Diese Vergleiche schaffen Voraussetzungen für das bessere Verständnis des Beziehungsgefüge zentraler Orte zu ihrem Umland.

Die Wechselwirkung zwischen Mensch und Umwelt, die an Zentralorten besonders markant in Erscheinung tritt und ihre volle Dynamik entfaltet, ist ein transdisziplinäres Forschungsinteresse, das fächerübergreifend bearbeitet werden muss. Dieser, dem Grundkonzept Topois folgender Ansatz wird insbesondere durch das Konzept der Tandemprojekte realisiert, hierbei ergänzen sich in den meisten Projekten je eine Dissertation der archäologischen Wissenschaften und der Geowissenschaften. Flankiert wird diese Graduiertengruppe durch Postdoc-Vorhaben und Einzelprojekte.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, die Topoi-A-I-Projekte mit einer theoretischen Grundlage zur Untersuchung von Zentralität auszustatten und eine Synthese der projektspezifischen Ergebnisse zu erarbeiten. Dementsprechend bilden die Fallbeispiele, die in diesem Teil thematisiert werden, einen Schwerpunkt der Arbeit. Die große Spannweite der Projekte hinsichtlich Thematik, Datengrundlage und eingesetzter Methoden erlaubt eine entsprechend vielfältige Darstellung der Einzelergebnisse. Diese werden in einer qualitativen beziehungsweise teilweise semiquantitativen Gegenüberstellung viele Fakten zusammengefasst und Sachverhalte abstrahiert. Aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtung der einzelnen Projekte und der unterschiedlichen Arbeitsgebiete stellen die Zentralitätsdiagramme der einzelnen Projekte nur eine eher grobe Schätzung verschiedener Kennwerte dar. Hierin sind naturgemäß viele subjektive Komponenten enthalten. Dennoch sollten die Fallstudie eine gute Diskussionsgrundlage bilden und künftig eine gezieltere Forschung ermöglichen. Es ist offensichtlich, dass in vielen Fällen noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Viele Aspekte des Zentralitätspotentials sowie der Reichweite der zentralen Orten in unterschiedlichen Organisationsformen, um nur zwei Beispiele zu wählen, bedürfen einer genaueren Klärung. Ungeachtet der Wissenslücken geben sich die unterschiedlichsten räumlichen Organisationsstrukturen klar zu erkennen, so dass Vielfalt räumlicher Muster, die auf wenigen Parametern der

Organisation beruhen deutlich zu beobachten ist. Hieraus lassen sich Ergebnisse zur Komplementarität unterschiedlicher Organisationsstrukturen, zu Zentralisierungsprozessen, zu den Rahmenbedingungen von Zentralität und zur Stabilität zentraler Orte ableiten. Klar ergibt sich, dass es kein einheitliches Schema der Entstehung von Zentralorten gibt. Vielmehr handelt es sich um einen Prozess, der von vielen Parametern abhängt und zahlreichen Wechselwirkungen unterlegen ist.

Die folgenden zentralitätsorientierten Projektsynthesen wurden gemeinsam mit den jeweiligen Projektteams erarbeitet. Insbesondere die Projekte AI-1, AI-3, AI-6, AI-7 und AI-17 haben umfangreiche Textbeiträge eingebracht.

6 Projekt A-I-1

Das Projekt A-I-1 (Abb. 55) trägt den Titel *Archäologische und geoarchäologische Untersuchungen im Siebenstromland*, wurde von Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Hermann Parzinger und Jun.-Prof. Dr. Christiane Singer sowie Prof. Dr. Brigitta Schütt geleitet und von Dr. Anton Gass und Dr. Maik Blättermann durchgeführt.²⁴⁵ Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht das Siebenstromland im südöstlichen Kasachstan, das durch Großkurgane mit Elitebestattungen, etwa dem Fürstenkurgan von Issyk, das Interesse angezogen hat. Während zu diesen herausragenden Fundstellen einige Informationen vorliegen, schuf das Projekt mit dem Beginn einer flächigen Erfassung archäologischer Bodendenkmäler und einer Landschaftsrekonstruktion neue Grundlagen. Das Ziel des Projektes war einerseits eine Rekonstruktion der historisch-kulturellen Entwicklung des Untersuchungsgebietes während der Bronze- und älteren Eisenzeit und andererseits die spätholozäne Landschaftsrekonstruktion.

Das Arbeitsgebiet liegt im südöstlichen Siebenstromland (Kasachstan) und umfasst das Gebiet südlich des Kapčagai-Stausees bis zur Bergkette Transili-Alatau nördlichen Tien-Shans und von den Flüssen Bol'saja Almatinka und Malaja Almatinka im Westen bis zum östlichen Ausläufen des Transili-Alatau. Aus dem Gebirge fließen die Flüsse Richtung Norden und haben am Gebirgsfuß große Schwemmfächer hinterlassen. Nördlich schließt die Steppe als weites Streifgebiet der Nomaden an.

Eine eindeutige Besiedlung konnte für die Bronzezeit im Wesentlichen nur in Gebirgen und während der mittleren Bronzezeit festgestellt werden. Der Zeitabschnitt bis zur sakischen Periode der älteren Eisenzeit kann nicht eindeutig belegt werden und weist ein wissenschaftliches Desiderat auf. In der älteren Eisenzeit wurden die Hochgebirgstäler weiterhin besiedelt, jedoch verliert dieser Siedlungsraum eine führende Rolle, da sie in das nördlich gelegene Flachland übergeht. Das bezeugen die Großkurgane der sakischen Elite, die in großer Zahl auf den Schwemmfächern vorkommen. Am Fuß des

245 Literatur zu Projekt A-I-1: Baipakov 2008; Blättermann u. a. 2012; Chang und Grigoriev 1999; Gass 2011a; Gass 2011b; Gass 2016b; Gass 2016a; Parzin-

ger [im Druck a]; Parzinger [im Druck b]. – Hermann Parzinger und Anton Gass sei herzlich für die ausführliche Ergänzung des Textes gedankt.

Gebirges befanden sich zu dieser Zeit und exakt an der Übergangsgrenze von Lösshügeln zu den Schwemmfächern Siedlungen beziehungsweise Siedlungsplätze. Mit Abständen von 10 bis 15 km bilden sie eine Ost-West-verlaufende Kette. Den Siedlungen sind nördlich Nekropolen vorgelagert, in denen Elitebestattungen in Großkurganen und einfachen Kurganen anzutreffen sind. Im Umfeld einiger Siedlungen wurde Ackerbau betrieben. Darüber zeugen geborgene Reibsteine und Phytolithen von Gerste sowie die Überreste von Hirsehülsen auf den Böden von Haus- und Speichergruben einiger wenigen untersuchten Hausbereichen der Siedlungsplätze, die in geringer Zahl gegraben wurden.²⁴⁶ Bemerkenswert ist, dass die ganzen Schwemmfächer hierfür sehr gut geeignet sind und die Nekropolen auf diesen Schwemmfächern und nicht in weniger fruchtbaren Bereichen angelegt wurden, wie es in anderen Gebieten oft belegt ist.

Zur Beurteilung der Zentralität können nur die Nekropolen mit großen Kurganen der sakischen Elite hineingezogen werden. Offensichtlich musste die reiternomadische Elite in einem der Gräberfelder nördlich des Gebirges und nicht an beliebigen Standorten in der Steppe bestattet werden. Hieraus lässt sich eine sakrale Zentralregion im Territorium der Reiternomaden erkennen.

Die Siedlungsplätze können zunächst als Komponente der Zentralität dieses Raumes nicht direkt betrachtet werden. Da es zu wenige Siedlungsplätze insgesamt bekannt sind, noch weniger davon untersucht wurden. Bei den Untersuchungen der Siedlungsplätze handelte es sich um die Ausgrabung einiger kleinen Flächen, die ein bis vier Hausüberresten aufweisen. Keine einzige Siedlung wurde vollständig untersucht, bei keinem Siedlungsplatz konnten die Siedlungsgrenze und dementsprechend Siedlungsgröße festgestellt werden. Die relativchronologische Einordnung mehrerer Siedlungsplätze wurde anhand der Lesefunde erstellt und benötigt weitere Untersuchungen, vor allem im Gelände. Anhand von zwei derartigen Fundorten im nördlichen Vorgebirgsland, Siedlung Tuzusaj und Cyganka 8, die nur zum kleinen Teil erforscht sind, konnte festgestellt werden, dass hier um ganzjährig benutzten Flächen handelte.²⁴⁷ Im Gegensatz dazu wies, die bis jetzt einzige in Gebirgstälern des Transili-Alatau untersuchte Siedlung Turgen-2 eine saisonale Nutzung auf.²⁴⁸

Das gleichzeitige Koexistieren der Nekropolen mit Großkurganen der sakischen Elite und der Siedlungsplätze, die sich in der Nähe von Gräberfeldern befinden, ist bislang nur hypothetisch, da in keinem einzigen Fall beide Fundorte als ein Komplex erforscht wurden. Diese Frage soll zuerst offen bleiben und kann nur anhand künftiger Untersuchungen geklärt werden.

246 Baipakov 2008, 75–79; Chang und Grigoriev 1999, 405; Gass 2016b, 189.

247 Baipakov 2008, 76, 79.

248 Gass 2016b, 195.

Die Beurteilung der Siedlungen der älteren Eisenzeit im südöstlichen Siebenstromland als Komponenten eines Siedlungssystems lässt sich derzeit nur hypothetisch beurteilen.

Zunächst gilt es die Reihung der Siedlungen zu interpretieren. Zwei Interpretationsmodelle bieten sich an. Die Siedlungen können Basisstationen für die Erschließung des Gebirges und seiner Rohstoffe sein. Da die Gebirgsnutzung jedoch vor allem für die Bronzezeit belegt ist und bisher wenig über die Siedlungen bekannt ist, entzieht sich dieses Modell der Beurteilung.

Weiterhin kann es sich um Relaisstationen eines Ost-West-orientierten Handelsweges handeln. Der Abstand, die günstige Lage am Gebirgsfuß und Überlieferung eines derartigen Handelsweges lassen dieses Modell als wahrscheinlich erscheinen. Über diese Kommunikationsachse liefen Verbindungen nach Indien, zum Iran und später auch nach China. Die Bedeutung des Verkehrs zeigt sich auch darin, dass im Bereich der Gebirgspässe Kurgane angelegt wurden. Ihre Lage am Handelsweg weist sie als Knoten eines weitläufigen Netzwerkes aus. Da sich keine dieser Siedlungen als Gateway oder Hub beziehungsweise durch eine hohe Netzwerkzentralität hervorhebt, besitzt ihre Netzwerkzentralität eine hohe Reichweite, aber eine geringe Intensität.

Bei der weiteren hypothetischen Überlegungen zur Lage der sakischen Nekropolen mit Großkurganen in Bezug auf die Verkehrswege und die Nähe agrarischer Siedlungen können relevanten Standortfaktoren eine Rolle spielen. Die Kontrolle des Handels und der Zugriff auf agrarische Ressourcen dürften wichtige Statussymbole neben anderen gewesen sein und zur Legitimierung der Eliten beigetragen haben. Die Nekropolenregion ist im Sinne Christallers zentral, insofern sie eine Funktion für ein größeres Ergänzungsgebiet erfüllt. Da sie jedoch geometrisch eher peripher gelegen ist, spielt die räumliche Distanz eine geringere Rolle als im klassischen Modell Christallers. Die Region hat eine hohe Zentralitätsintensität bei hoher Reichweite und eingeschränktem Funktionsspektrum.

Schließlich sind die Siedlungskammern, die das Agrarland der Schwemmfächer, die Nekropolen und die Siedlungen umfassen, zu nennen. In jeder dieser Siedlungskammern erfüllen Nekropole und möglicherweise auch Siedlung eine zentrale Funktion geringster Reichweite, aber hoher Intensität.

Diese Siedlungskammern sind die Schnittpunkte zweier Gesellschaften. Hier treffen Ackerbauern und Nomaden aufeinander, wobei die Eliten den Nomaden entstammen. Diese beiden Gesellschaften repräsentieren zwei Facetten eines doch eher komplexen ökonomischen Systems. Der Ackerbau scheint allerdings sekundär zu sein, da besonders gute Böden mit Gräberfeldern belegt sind. Er dürfte sich als zusätzliche Ressource ergeben haben, nachdem die Standorte auf den Siedlungsfächern zumindest teilsesshaft durch Relaisstationen am Handelsweg genutzt worden sind. Hiermit deuten sich Synergien durch Mehrfachnutzung von Strukturelementen an. Die drei aufgeführten

Organisationsstrukturen sind nicht unabhängig, sondern ergänzen sich zu einem komplexen System, das Störungen in einzelnen Bereichen abfangen und Reichtum schaffen kann.

Wenden wir uns dem Zentralitätspotential zu. Die Schwemmfächer am Gebirgsfuß sind sehr gut für den Ackerbau geeignet. Neben einer Versorgung dürften sie auch eine gewisse Überproduktion erbracht haben. Dies ist ein struktureller Standortvorteil, dem mit der Lage an einem Handelsweg und der Nähe der Steppe mit ihren spezifischen Ressourcen weitere zur Seite zu stellen sind. Als kultureller Standortfaktor ist die Lage der Gräberfelder zu nennen. Die Wahl des Standortes der Nekropolen selbst beruht auf den Landschaftscharakteristika. Und zwar spielt im südöstlichen Siebenstromland die Nähe zu Bergen, vor allem jedoch die Nähe eines Flusses eine beträchtliche Rolle. Da alle Nekropolen ausnahmslos am Ufer eines verhältnismäßig größeren Flusses, überwiegend auf westlichen, zweiten oder dritten Flussuferterrasse errichtet wurden. Beim nächsten Fluss wiederholt sich dieses Bild. Auf solche Weise befindet sich im ‚Zwischenstromland‘ nur eine einzige Nekropole, die offensichtlich einem Stamm oder einer Sippe gehören könnte. In direkter Nachbarschaft, auf anderer Uferseite konnte dieselbe Situation beobachtet werden. Im Betracht der Tatsache, dass im Flachland des Untersuchungsgebietes nördlich des Transili-Alatau keine Gräberfelder der frühsakischen Stufe, sondern nur der sakischen Stufe bekannt sind, die im Zeitraum des 5. bis 3. Jahrhunderts v. Chr. zu datieren sind,²⁴⁹ ist es vorstellbar, dass alle Nekropolen mit Großkurganen mehr oder weniger synchron, im Laufe von 180 bis 200 Jahren entstanden sind. Gehört eine Nekropole einem Stamm oder einer Sippe der Reiternomaden, die ein bestimmtes Raum durch die Kurgane bzw. die Nekropolen als ihr sakrales Gebiet markierten, sollten zu gleicher Zeit mehrere Stämme oder Sippen diesen Raum besiedeln. Solche Überlegung sind jedoch unplausibel, da im Untersuchungsgebiet, deren West-Ost Achse (ohne Betrachtung der Gebirgstäler) ca. 200 km misst, 12 Nekropolen mit sakischen Großkurganen bekannt sind. Alle diese Gräberfelder befinden sich ungefähr gleich voneinander entfernt. Dies ergibt, dass jeder Stamm oder jede Sippe einen Raum von ca. 30–35 km × 16,7 km zur Verfügung hatte. Für eine Gesellschaft, die kriegerischen Reiternomadentum ausübt, ist solche Fläche nicht ausreichend.²⁵⁰ Solch eine hohe Konzentration der Gräberfelder mit sakischen Großkurganen im Untersuchungsgebiet, kann man dadurch erklären, dass dieses Gebiet nicht als ein ständig bewohnter Lebensraum der Reiternomaden sondern als ein Sakralraum zu betrachten ist. Hier wurde die sakische Elite, Helden, ‚Fürsten‘ oder ‚Könige‘ in Großkurganen bestattet. Jeder Stamm oder jede Sippe hatte einen bestimmten sakralen Bereich im Flachland des südöstlichen Siebenstromlandes, der durch die Landschaftsgrenzen, in unseren Fall durch die Flüsse, markiert wurde. Insgesamt spielen die fließende Ströme bzw. Wasser eine wichtige

249 Parzinger 2006, 659–662.

250 Gass 2011a, 68.

Rolle in religiösen und sakralen Vorstellungen der kriegerischen Reiternomaden des skytho-sakischen Kulturverbreitungskreises,²⁵¹ die ihre Abstammung von der Tochter des Flusses Borysthenes und Zeus herleiteten.²⁵²

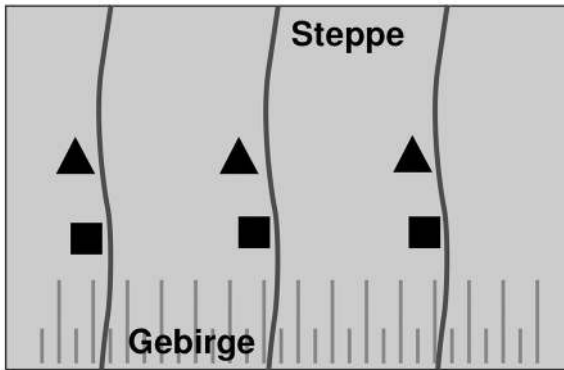
Die zentralen Funktionen sind spezifisch für die einzelnen Organisationsstrukturen. Zunächst ist Handel im Rahmen des überregionalen Handelsnetzes zu nennen. Die zentrale Nekropolenregion verweist zumindest auf die Funktionen Herrschaft und Kult, scheint aber in gewisser Weise auch Handel und Produktion einzubeziehen. In den ‚lokalen Siedlungskammern‘ stehen die Nekropolen für die kultischen Funktionen und für die Präsenz der reiternomadischen Herrschaft. Welche Rolle dabei die Siedlungsplätze spielen, ist momentan unklar und bedarf weitere Untersuchungen.

Die Darstellung der Zentralität wird auf zwei Zentralitätsdiagramme verteilt. Zunächst werden die Siedlungen im Handelssystem und in der lokalen Siedlungskammer betrachtet (Abb. 56). Die Region der Nekropolen wird in einem separaten Diagramm dargestellt (Abb. 57).

251 Nagler 2013, 611.

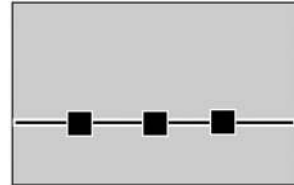
252 Herodot 1984, 5.

Saken im Siebenstromland

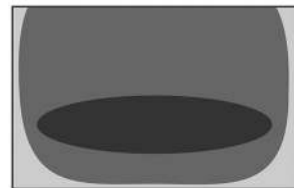


- ▲ Nekropole
- Siedlung

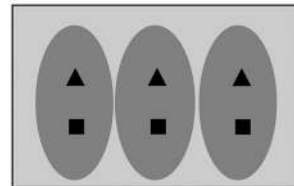
Schematische Darstellung überlagernder Siedlungsstrukturen im Siebenstromland mit unterschiedlichen Ausprägungen von Zentralität und Mehrfachnutzung gegebener Strukturen.



Netzknoten überregionaler Handelsverbindungen



Die zentrale Region liegt nicht distanzoptimiert am Rand des Territoriums



Polyzentren kleiner kristalliner Siedlungskammern

Abb. 55 Schematische Karte des Arbeitsgebietes Siebenstromland.

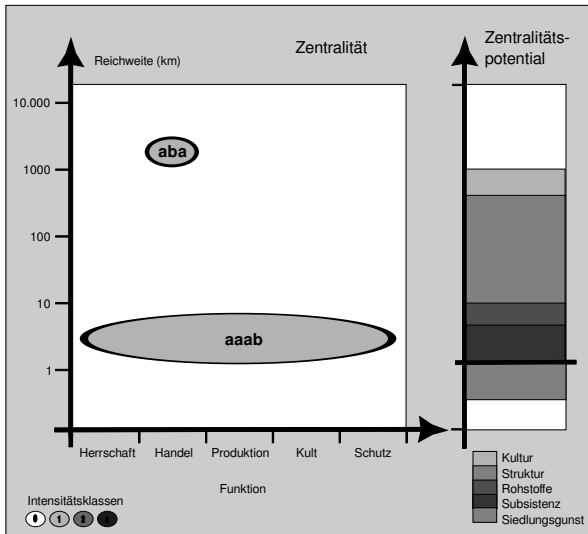


Abb. 56 Zentralitätsdiagramm der Siedlungen.

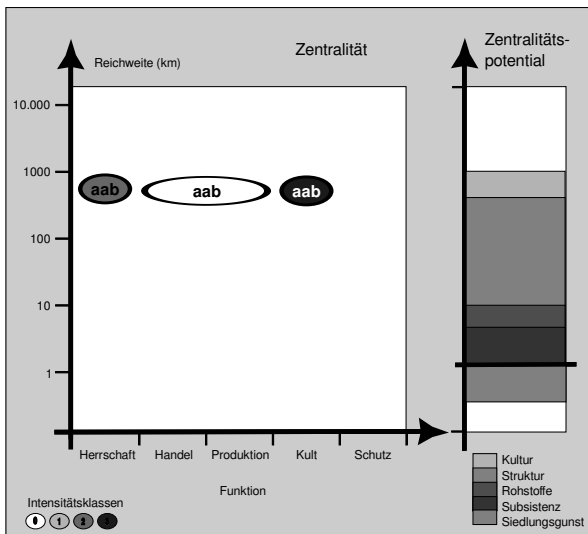


Abb. 57 Zentralitätsdiagramm der Gräberregion.

7 Projekt A-I-2

Das Projekt A-I-2 (Abb. 58) trägt den Titel *Zentrale Orte einer frühgriechischen Polis im nord-östlichen Schwarzmeerraum*, wurde von Prof. Dr. Ortwin Dally und Jun.-Prof. Christiane Singer geleitet und von Dr. Leon van Hoof und Dr. Marlen Schlöffel durchgeführt.²⁵³ Das Arbeitsgebiet des Projektes ist die Umgebung von Taganrog an der Mündung des Don in das Asowsche Meer. Für die späte Bronze- und frühe Eisenzeit vor dem Beginn der griechischen Kolonisation (also etwa 1600–600 BC) wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Inwieweit wurden die kulturellen Bedingungen von den naturräumlichen Bedingungen geprägt?
- Unterscheiden sich die kulturellen Phänomene in den verschiedenen Landschaftseinheiten sowie sowohl in synchroner als auch diachroner Perspektive?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Charakteristika der kulturellen Phänomene und den naturräumlichen, ökonomischen und kulturellen Bedingungen?
- Welche Rolle spielen zentrale Siedlungen und Elitegräber innerhalb der Natur- und Kulturlandschaft?

In der Region am Dondelta lassen sich vier Siedlungsphasen unterscheiden, wobei die letzte außerhalb des Projektfokus liegt:

1. Mittlere Bronzezeit (Abb. 59). Eine befestigte Siedlung am Deltarand ist bekannt. Zahlreiche Hügel ohne korrespondierende Siedlungen können möglicherweise auf nomadische Siedlungsweise hinweisen.

²⁵³ Literatur zu Projekt A-I-2: Dally 2007; Dally u. a. 2009; van Hoof, Schlöffel u. a. 2010; van Hoof und Schlöffel 2009.

2. Späte Bronzezeit (Abb. 60). Hunderte Siedlungen und die gleiche Hügelzahl wie zuvor sind in der Steppe bekannt. Einige Siedlungen heben sich durch ihre Größe heraus. Diese liegen an der Mündung der Täler. Offen ist, ob diese nur aus einem saisonalen Zusammensiedeln entstehen. Die Territorien, die durch Wasserscheiden eingegrenzt werden können, scheinen kleiner zu sein als zuvor.
3. Endbronzezeit und frühe Eisenzeit (Abb. 61). Diese Phase beginnt im 14. Jahrhundert. Jetzt ist die Steppe weitgehend leer, Kurgane können aber im Deltabereich beobachtet werden. Die Siedlungen konzentrieren sich auf das Dondelta, an dessen Rand einige befestigte Siedlungen mit Metallverarbeitung liegen. Auch das Vorkommen von Schwein und Fisch deutet eine neue Lebensweise an. Die Verkehrswege scheinen keine besonders große Bedeutung gehabt zu haben.
4. 5. bis 4. Jahrhundert (Abb. 62). Diese Zeit ist durch griechischen Einfluss und das Vorkommen von zahlreichen Importen geprägt. Am Dondelta liegt ein überregionaler Handelsknoten vor, während die Steppe weitgehend leer ist.

Es lässt sich also am Übergang zur späten Bronzezeit eine Sesshaftwerdung vermuten und am Übergang zur Endbronzezeit ein grundlegender Wandel der Siedlungs- und Wirtschaftsweise erkennen, der durch die Akkumulation im Delta sichtbar wird.

Die Zentralitätspotentiale lassen sich recht gut abschätzen. Außer Feuerstein weißt die Steppe keine Rohstoffe auf. Für Ackerbau ist vor allem das Delta geeignet, das mit der Mündung des Don einen wichtigen strukturellen Standortvorteil besitzt. Die zentralen Funktionen sind hingegen nicht immer so einfach zu beurteilen. Zwar können die befestigten Anlagen in Phase drei der Produktion und dem Schutz zugeordnet werden. Die Bedeutung der Funktionen Herrschaft und Handel an diesen Orten ist hingegen kaum abzuschätzen. Ähnlich verhält es sich bei der Befestigung aus Phase 1, für die lediglich Schutz als zentrale Funktion gesichert scheint. Der griechische Handelsstützpunkt in Phase drei hingegen ist sicher der Funktion Handel zuzuweisen. Während dieser Ort ein Knoten in einem weit reichenden Handelsnetzwerk war, dürfte die Reichweite der hervorgehobenen Orte der anderen Phasen hingegen weit geringer sein. Insgesamt wird man von einer lokalen bis regionalen Zentralität dieser Orte ausgehen können, wobei Zentralitätsintensität und genaue Reichweite sich bislang der Kenntnis entziehen. Die Siedlungshierarchie deutet lediglich zwei Niveaus an, wobei die Zuordnung in den Phasen 1 und drei weitgehend spekulativ ist, Phase 2 eine Zuordnung zu Siedlungskammern der einzelnen Täler zu erkennen ist und in Phase 4 das Delta vom Handelsstützpunkt dominiert wird.

Auch bei der Bestimmung der Organisationsstrukturen bestehen gelegentlich Probleme. In Phase 1 kann man eine Knotenhierarchie (aa) vermuten. In Phase 2 hingegen

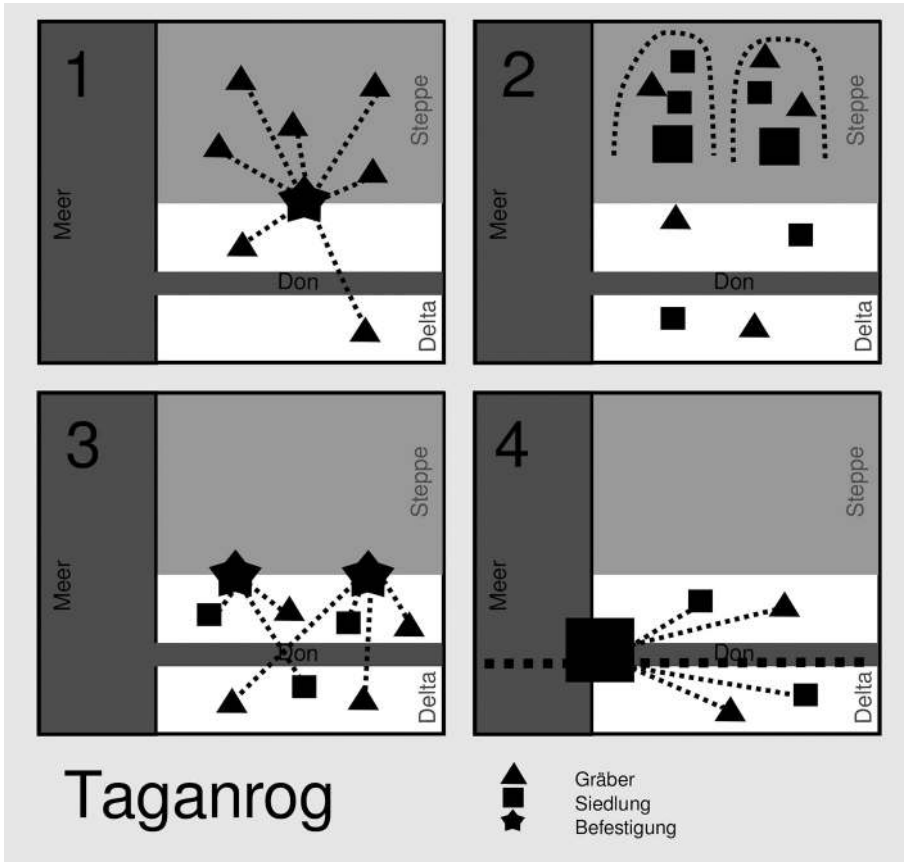


Abb. 58 Schematische Darstellung der Siedlungsräume in vier Phasen.

scheint die Zuordnung deutlicher zu sein, so dass wir von einer nicht beziehungsweise gering distanzbasierten Knotenmonohierarchie (aaba) ausgehen können. Offen sind die Zuordnungen wieder in Phase 3. Hier können wir eine Knotenhierarchie vermuten. Aufgrund der peripheren Lage wird man eine geringe Distanzabhängigkeit annehmen dürfen. Zwischen Mono- und Polyhierarchie ist allerdings nicht zu entscheiden. Klarer sind die Dinge in Phase 4. Der Handelsplatz stellt einen Netzwerkknoten eines überregionalen Austauschnetzes und zugleich ein lokales christallersches Zentrum für die Versorgung mit Importgütern dar.

Zentralitätsdiagramme werden für alle vier Phasen erstellt.²⁵⁴

254 Literatur zu Projekt A-1-2: Dally 2007; Dally u. a. 2009; van Hoof und Schlöffel 2009; van Hoof, Schlöffel u. a. 2010.

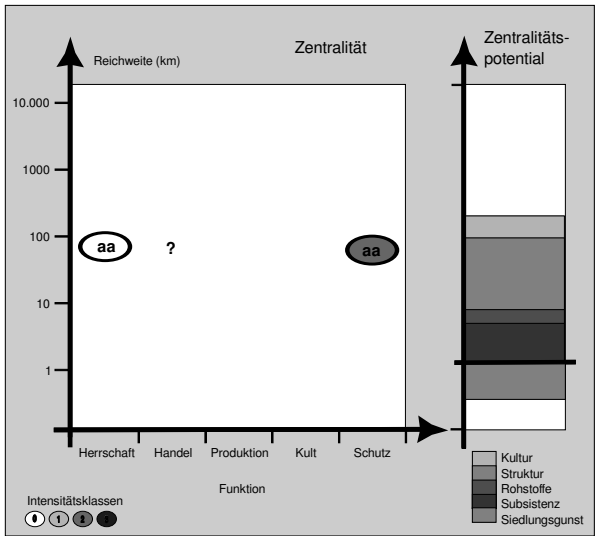


Abb. 59 Zentralitätsdiagramm Phase 1.

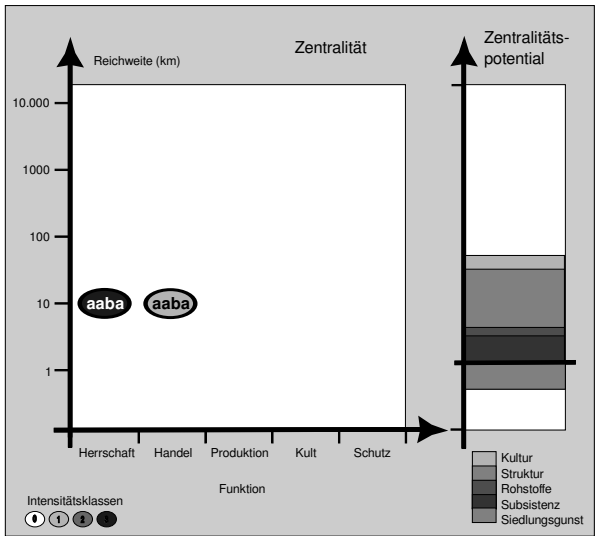


Abb. 60 Zentralitätsdiagramm Phase 2.

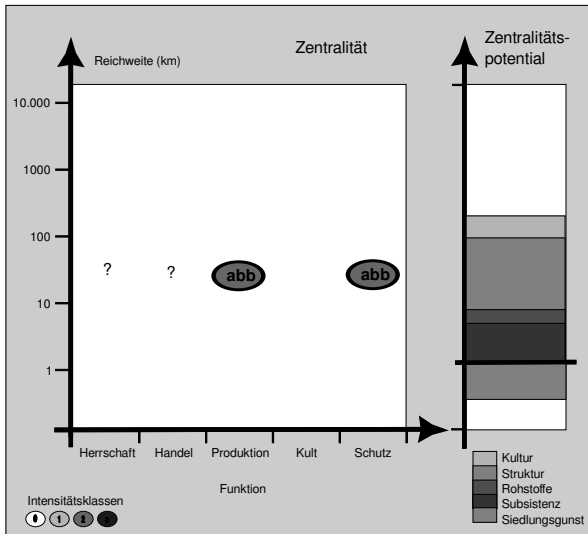


Abb. 61 Zentralitätsdiagramm Phase 3.

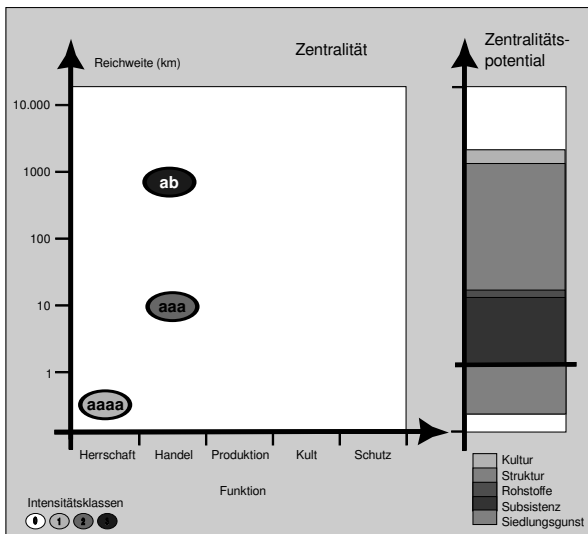


Abb. 62 Zentralitätsdiagramm Phase 4.

8 Projekt A-I-3

Das Projekt A-I-3 (Abb. 63) trägt den Titel *Resafa-Sergiupolis/Ruṣāfat Hišām, Syrien – Pilgerstadt und Kalifenresidenz, Landschaftsbezug von Kultort und Herrschaftszentrum*.²⁵⁵ Es wurde von Prof. Dr.-Ing. Dorothee Sack und Prof. Dr. Brigitta Schütt geleitet und von Dr. Brian Beckers (Geographie) und Dr. Christoph B. Konrad (Archäologie) durchgeführt. Die Untersuchungen widmeten sich hauptsächlich den Bauten der Residenz und der Wasserversorgung.

Resafa wurde im 1. Jahrhundert AD als ein Glied einer ganzen Kette römischer Wach- und Wegposten gegründet. Die Kastelle und Wachtürme, die im Abstand von weniger als einer Tagesreise angelegt waren, sicherten die wichtigsten Verbindungsrouten aus Zental- und Mittelsyrien zur damals am Euphrat verlaufenden Ostgrenze des Römischen Reiches (*limes arabicus*). Resafa war dabei durch seine Lage an der Konfluenz zweier Wadis, an der auch zwei der Verbindungsrouten aufeinandertrafen, besonders begünstigt. Um die Kastelle bildeten sich Zivilsiedlungen (*vici*, sg. *vicus*), die von Beginn an unterschiedlich groß waren. Über die ersten drei Jahrhunderte Resafas ist wenig bekannt. In spätrömischer Zeit war das Kastell nach der Notitia Dignitatum der Standort einer einheimischen Reitereinheit (*equites promoti indigenae*). In diese Zeit fällt nach der christlichen Überlieferung das Martyrium des römischen Elitesoldaten Sergios, das die Zukunft des Ortes grundlegend beeinflussen sollte. Im 5. Jahrhundert entwickelte sich eine – zunächst lokale, dann überregionale – Wallfahrt zum Grab des Sergios. Um das Jahr 434 wurde Resafa vom Patriarchen von Antiochia zum Bischofsitz erklärt und damit verwaltungspolitisch selbständig. Die große Verehrung, die dem Märtyrer auch überregional zuteil wurde, spiegelt sich in der gezielten Förderung des Ortes durch die oströmischen Herrscher wider. Von Kaiser Anastasius I. erhielt Resafa den Ehrennamen Sergiupolis. Gleichzeitig wurde das Kastell mit vicus zu einer 21 Hektar

255 Literatur zu Projekt A-I-3: Beckers und Konrad 2010; Brands 2002; Brinker 1991; Gatier und Ulbert 1991; Gussone und Müller-Wiener 2012; Mackensen 1984; Hof 2016; Konrad, Oberhollenzer und Sack 2012; Konrad 2001; Sack 1996; Sack, H. Becker u. a. 2004; Sack, al-Khabour und Gussone 2008; Sack 2008;

Sack, Sarhan und Gussone 2010; Ulbert 1986; Ulbert 1990; Spanner und Guyer 1926; Musil 1928. – Dorothee Sack, Christoph B. Konrad und Brian Beckers sei herzlich für die ausführliche Ergänzung des Textes gedankt.

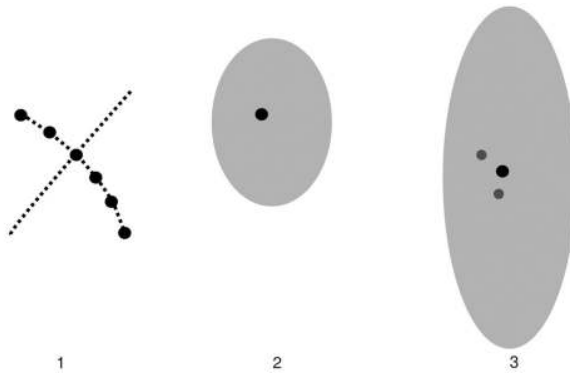


Abb. 63 Schematische Darstellung in drei Phasen.

großen, umwehrten Pilgerstadt ausgebaut. Innerhalb der Mauern dieser Stadt wurden neben drei großen und mehreren kleineren Kirchen gewaltige, bis heute erhaltene Zisternen gebaut, die über ein aufwendiges Damm- und Kanalsystem befüllt wurden. Mit einem Splitter des Heiligen Kreuzes erhielt der Ort eine weitere bedeutende Reliquie, die vom Kaiserhaus gespendet worden war. Auch nach der Aufgabe des Limes verlor Resafa-Sergiupolis nicht seine Bedeutung. Im Jahr 529 übertrug der oströmische Kaiser Justinian die Grenzaufsicht arabischen Förderaten, den Ġassaniden. Die Inschrift in einem Gebäude vor den Mauern der Pilgerstadt, bei dem die Nutzung als Empfangsraum oder als Kirche gleichermaßen diskutiert wird, belegt, dass Resafa-Sergiupolis eine der Residenzen des ġassanidischen Phylarchen al-Mundir (569–581/82) war. Die wirtschaftlichen Verhältnisse wurden zu dieser Zeit aber schwieriger. Naturkatastrophen, Pestepidemien und politische Auseinandersetzungen führten zu einer Krise, die mit dem auszehrenden Krieg zwischen dem Oströmischen und Sāsānidischen Reich in den ersten Jahrzehnten des 7. Jahrhunderts ihren Höhepunkt erreichte. Obwohl für Resafa-Sergiupolis keine größeren Zerstörungen bekannt sind, die im Zusammenhang mit diesen Kampfhandlungen stehen, das Pilgerzentrum sogar die vom sāsānidischen Großkönig Chosrau I. (531–579) entführte Kreuzreliquie nebst einem weiteren Weihegeschenk von Chosrau II. (590–628) zurückerhielt, waren die Kirchen und die Stadtmauer in dieser Zeit bereits in einem schlechten baulichen Zustand.

Nach der Eroberung Syriens und des Sāsānidischen Reiches durch die muslimischen Araber konnten sich die Verhältnisse in der folgenden Friedenszeit stabilisieren. Bedeutend für Resafa war die Residenznahme des umayyadischen Kalifen Hišām b. ‘Abd al-Malik (724–743) rund 100 Jahre später. In der Folge war der Ort für knapp zwei Jahrzehnte das politische Zentrum des Umayyadischen Reiches, das damals seine größte Ausdehnung vom Atlantik im Westen bis zum Indus im Osten erreichte. Die neue Residenz wurde von den arabischsprachigen Historiographen und Geographen nach dem Kalifen Ruṣāfat Hišām genannt. Der Kalif ließ die Zisternen und Stadtmauern instand setzen.

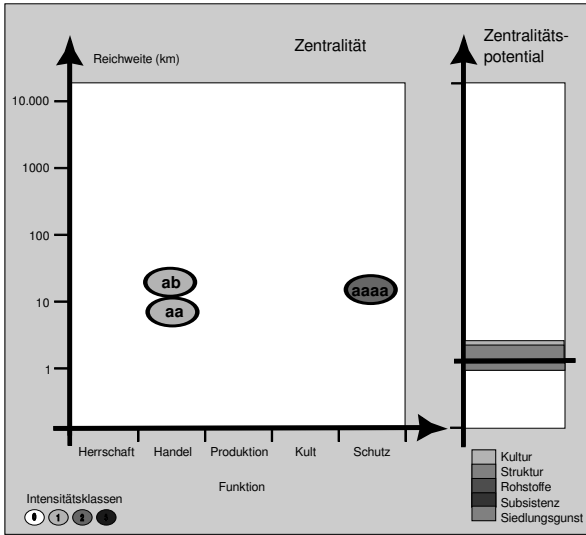


Abb. 64 Zentralitätsdiagramm Phase I.

An die Pilgerkirche („Basilika A“) mit dem Reliquienschrein des Sergios wurde die Große Moschee der Stadt angebaut. Außerhalb der Mauern der spätantiken Stadt entstand eine Palastsiedlung, zu der auch Märkte und Einrichtungen der gewerblichen Produktion gehörten. Die Wassersammelsysteme wurden soweit perfektioniert, dass die gewachsene Bevölkerung und die Pilger weiterhin versorgt und die Paläste trotz ihrer Lage in aridem Gebiet mit Gartenanlagen und Wasserspielen ausgestattet werden konnten. Bedeutend für die Entscheidung des Kalifen, gerade hier Residenz zu nehmen, war zum einen die für Hišām persönlich günstige geographische Situation des Ortes. Resafa lag zwischen dem überkommenen politischen Zentrum des Umayyadischen Reiches in der Mitte des historischen Syriens (Damaskus) und Nordmesopotamien, wo Hišām nicht nur mehrere Güter besaß, sondern, mit dem Heer seines Bruders Maslama, auch die militärische Hausmacht des Kalifen lag. Ausschlaggebend für Hišāms Entschluss, in Resafa zu residieren, war aber das Pilgerheiligtum. Der Kalif machte sich zum Hüter des – zumal regional – weiterhin sehr bedeutenden spirituellen Zentrums um die Reliquien des Hl. Sergios, der nun von Christen und Muslimen verehrt wurde.

Spätestens im 9. Jahrhundert nimmt die Siedlungstätigkeit im Umland von Resafa deutlich ab. Die weiterhin große Wertschätzung für das Pilgerheiligtum belegen jedoch Renovierungsarbeiten in der Pilgerkirche selbst, Stuckdekore, die in dem zu jener Zeit vornehmsten Stil der Kalifenresidenz von Sāmarrāʾ ausgeführt worden sind.

Im 10. und 11. Jahrhundert übernahmen Beduinenstämme die Herrschaft in der Region, das Städtewesen lag danieder. Der anschließende Wiederaufbau unter den Zangiden und Aiyübididen wird aber auch in Resafa deutlich. Die Umlandsiedlung wächst

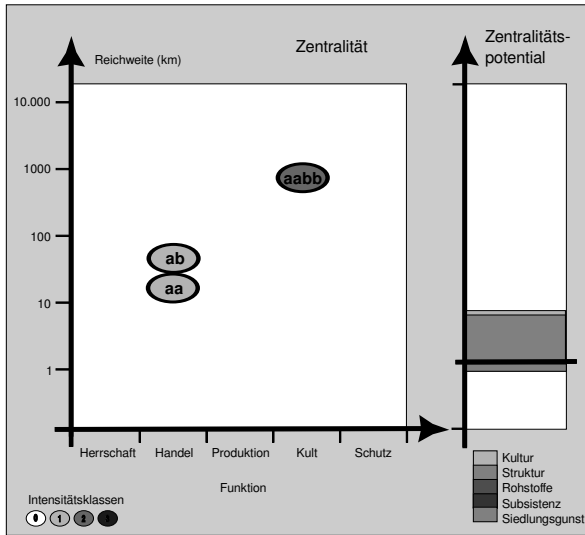


Abb. 65 Zentralitätsdiagramm Phase 2.

wieder, auch wenn sie die alte Größe nie mehr erreicht. Als Pilgerzentrum war Resafa bis zum Ende der Stadt von Bedeutung. Dies bezeugt silbernes Messgerät aus der Zeit um 1200, das während der Ausgrabungen in der großen Pilgerkirche gefunden wurde. Kurz nach der Mitte des 13. Jahrhunderts verließen die letzten Einwohner die Stadt. In der Folge des Mongolensturms war der euphratübergreifende Handel zusammengebrochen, der Region war die Lebensgrundlage entzogen (Christoph B. Konrad / Dorothée Sack).

Es kann davon ausgegangen werden, dass die naturräumlichen Bedingungen des historischen Resafa ungefähr den heutigen entsprachen. Die Niederschläge liegen im Schnitt unterhalb 200 mm im Jahr und Dürren sind ein regelmäßig auftretendes Problem. Trockenfeldbau ist in dieser Region daher riskant und nicht wirtschaftlich. Perennierende Oberflächengewässer wie Flüsse oder Bäche fehlen und das fossile Grundwasser ist stark salzhaltig. Es kann daher nur als Brauchwasser genutzt werden. Die Bereitstellung von Trinkwasser war nur mit der Zuhilfenahme sogenannter Water Harvesting-Maßnahmen möglich, die vor allem in den Ausbauphasen Resafas Ende des 5. Jahrhunderts bis Anfang des 6. Jahrhunderts und in der 1. Hälfte des 8. Jahrhunderts einen hohen technischen und organisatorischen Aufwand erforderten. Die geographische Lage von Resafa ist dabei für diese Art der Trinkwasserversorgung gerade noch geeignet. Weiter östlich, Richtung Syrische Wüste, treten die notwendigen Starkregenereignisse nur unregelmäßig auf und die Trinkwasserversorgung wäre unverlässlich. In Resafa treten diese Niederschläge jedoch regelmäßig in den Wintermonaten auf, da hier das Klima noch einen starken mediterranen Einfluss hat. Hinzukommt, dass Resafa nur ca. 25 km

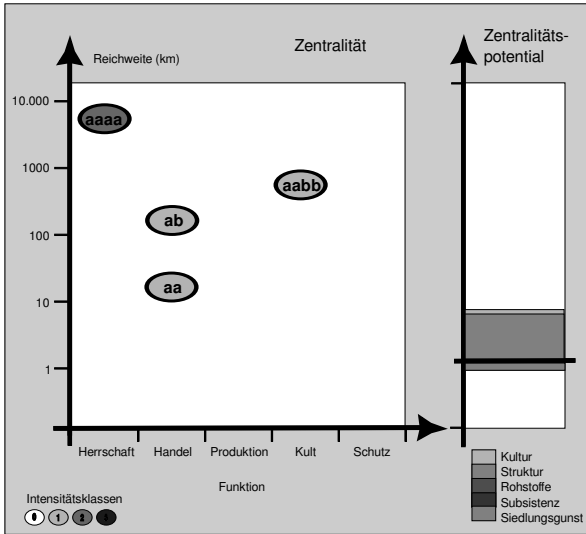


Abb. 66 Zentralitätsdiagramm Phase 3.

vom Euphrat entfernt liegt. Bei einem Ausbleiben ausreichender Niederschläge konnte die Wasserversorgung in Notfällen von dort gesichert werden. Nachweise größerer Anbauflächen in der Umgebung Resafas konnten nicht gefunden werden. Die Anbauflächen der wenigen Gärten werden nicht ausgereicht haben, die Bevölkerung und die Besucher Resafas mit Lebensmitteln zu versorgen. Es ist wahrscheinlich, dass die Versorgung mit Nahrungsmitteln hauptsächlich aus dem fruchtbaren Euphrat-Tal erfolgte. Resafa war spätestens nach dem Ausbau der Siedlung zu einem überregionalen Pilgerort nicht autark. Die Versorgung erforderte Expertenwissen und eine funktionierendes regionales Handels- bzw. Versorgungsnetz (Brian Beckers).

Für Resafa können wir also drei relevante Phasen unterscheiden (Zentralitätsdiagramme werden für die drei Phasen angegeben):

1. Limesposten (Abb. 64)
2. Pilgerzentrum (Abb. 65)
3. Residenz (Abb. 66)

Naturräumlich sind die Bedingungen in allen Phasen schlecht. Es gibt weder Rohstoffe noch eine lokale Ernährungsgrundlage. Der Ort ist nicht autark und muß Lebensmittel einführen. Wasser muß mit viel Aufwand bereitgestellt werden. Sein erstes strukturelles Standortmerkmal erhält Resafa mit dem Limesposten, an dem ein Verkehrsweg

vorbei führt. Hiermit ist ein Kristallisationspunkt gegeben, der möglicherweise den Beduinenhandel anzog. Den Limesposten wird man als Christallerzentrum kleiner Reichweite und als Netzwerkknoten im System der Grenzsicherung mit größerer Reichweite aber geringer Intensität auffassen können. Dazu kommt aufgrund der Verkehrswege die Funktion als Netzwerkknoten im Handelssystem, wohl geringer Intensität und Reichweite.

Das Vorhandensein des Grenzpostens war in gewisser Weise Voraussetzung für den Pilgerort. Der römische Soldat Sergios wurde hier zum Märtyrer und sein Grab ein Wallfahrtsziel. Hiermit ist dann ein christallersches Zentrum gegeben, das hohe Reichweite hat, polyhierarchisch, aber kaum distanzbasiert ist. Die Residenz Resafa, die, über die Zeit gesehen, eine von mehreren des Umayyadischen Reiches war, ist als christallersches Polyzentrum mit moderater Distanzoptimierung zu betrachten. Die Reichweite ist angesichts der Größe des Reiches ebenfalls erheblich.

9 Projekt A-I-4

Das Projekt A-I-4 (Abb. 67) trägt den Titel *The Late Antique Palace Felix Romuliana and Its Surroundings*, wurde von Prof. Dr. Brigitta Schütt, Dr.-Ing. Ulrike Wulf-Rheidt und Prof. Dr. Friederike Fless geleitet und von Dr. Jana Škundric-Rummel und János Tóth, M. Sc. durchgeführt.²⁵⁶ Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht die Palastanlage Felix Romuliana in Gamzigrad (Serbien), die zu Beginn des vierten Jahrhunderts n. Chr. vom römischen Kaiser Galerius erbaut wurde. Er benannte die Anlage nach seiner aus dieser Region stammenden Mutter, der er in der Nähe Felix Romulianas ein Grabmal errichten ließ. Er selbst wurde möglicherweise in Gamzigrad geboren.

Die Palastanlage, die innerhalb einer älteren Befestigung im Bereich eines römischen Militärlagers errichtet wurde, war als Sommerresidenz und Altersruhesitz geplant. Die Befestigung wurde in dieser Zeit in repräsentativer Weise erneuert. Die Funktion als Residenz teilte sich Felix Romuliana mit anderen Orten im Reich, so dass wir eine polyhierarchische Struktur beobachten können. Das polyhierarchische Prinzip ist auch in der Herrschaftsordnung dieser Zeit zu erkennen. Galerius war zunächst als Caesar, dann als Augustus Kaiser der römischen Tetrarchie. Die Tetrarchie besteht aus zwei Seniorkaisern, die sich die Herrschaft teilen und für je eine Hälfte des Reiches zuständig sind. Ihnen sind zwei Juniorkaisern zugeordnet, die ihre Nachfolge antreten sollen. Das System ist auf Erhaltung der Stabilität angelegt.

Die Umgebung von Felix Romuliana kann als landwirtschaftliche Gunstlage gesehen werden. Schon in der Bronzezeit führt diese Siedlungsgunst zu einer hohen Siedlungsintensität. Zudem lag der Ort an gut kontrollierbaren Fernverkehrswegen. In einer kurzen Phase der Tetrarchie spielte Felix Romuliana eine überregionale Rolle, die letztlich auf dem abiträren Umstand beruht, dass Galerius seine Herkunft auf diese Region zurückführt und deshalb hier seinen Altersruhesitz einrichten wollte. Dominant ist hier die zentrale Funktion der Herrschaft. Die Befestigung wird als Prestigebau in erster Linie der Herrschaftsfunktion zuzuweisen sein. Mit dem Grabmal Romulianas liegt hier

256 Literatur zu Projekt A-I-4: Bülow 2007; Corcoran 1996; Tóth u. a. 2009; Vasić 2007; Zivić 2003.

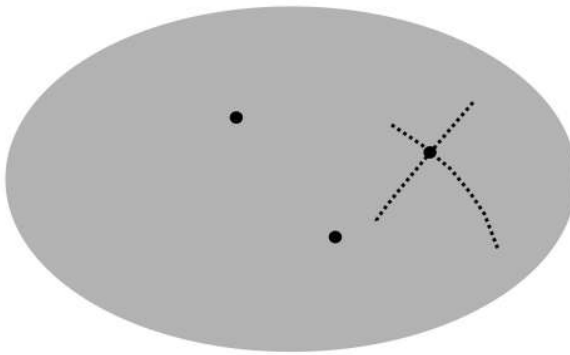


Abb. 67 Schematische Darstellung der Polyzentralität.

zudem ein Kultzentrum vor, das jedoch geringere Reichweite gehabt haben dürfte. Obgleich an Fernverkehrswegen gelegen, scheint die Funktion des Handels von geringerer Bedeutung gewesen sein. Nach Aufgabe der Residenz hielt sich ein lokales Zentrum mit Metallverarbeitung dem später mehrere christliche Kirchen angehörten. In dieser Zeit entfaltete die noch erhaltene Befestigung ihre Schutzfunktion. Die Reichweite dieser Schutzfunktion mag jener der älteren Befestigung entsprochen haben.

Sowohl in der Zeit vor Errichtung des Palastes, als auch nach seinem Niedergang dürften wir es im Wesentlichen mit Christallerzentren zu tun haben, die jedoch eher eine geringe Reichweite hatten (Abb. 68 und Abb. 69). Eingebunden war der Ort ein überregionales Netzwerk, in dem er allerdings eine Zentrale Funktion geringerer Intensität erfüllte. Die ältere Befestigungsanlage mit ihrer Lage an Fernverkehrswegen mag als Kristallisationspunkt angesehen werden, an dem kurzzeitig das Zentralitätspotential durch arbiträre Sachverhalte – die Herkunft des Kaisers – deutlich anstieg und realisiert wurde. Nachdem dieser Zentralitätsfaktor nicht mehr gegeben war, sank die reale Zentralität zum vorherigen Maß. Das verhältnismäßig hohe Zentralitätspotential dieses Ortes konnte vermutlich deshalb nicht ausgeschöpft werden, weil Konkurrenten höhere Werte aufboten. Auf lokaler Ebene ist der Ort ein komplexes Zentrum. Felix Romuliana ist ein klassisches Beispiel für einen ephemeren Zentralitätsanstieg aus arbiträren Ursachen.

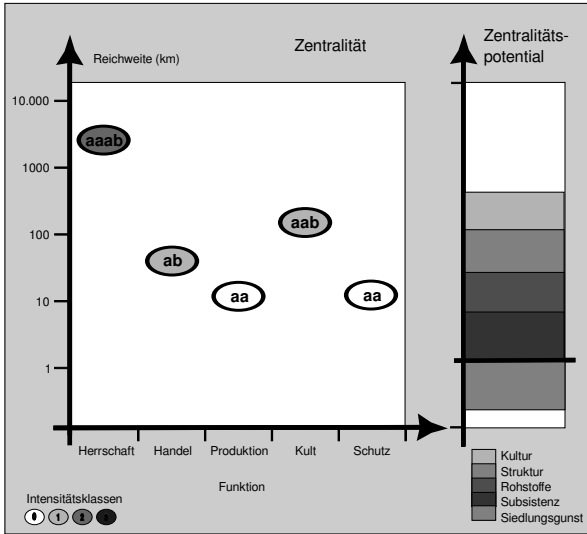


Abb. 68 Zentralitätsdiagramm der Residenzphase.

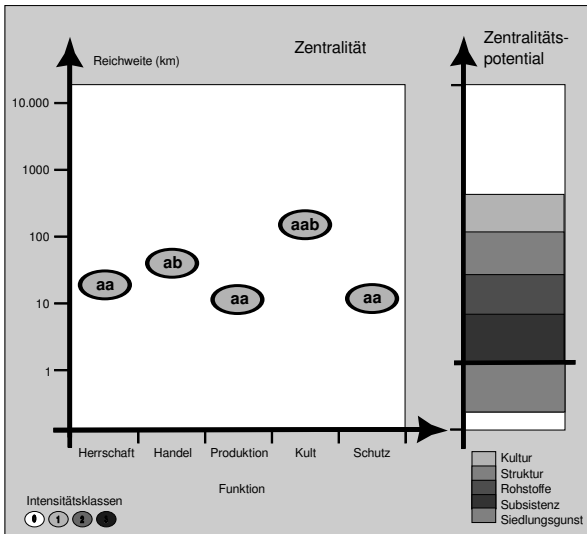


Abb. 69 Zentralitätsdiagramm vor und nach der Residenzphase.

10 Projekt A-I-6

Das Projekt A-I-6 (Abb. 70 und Abb. 71) trägt den Titel *Archäologische und geoarchäologische Untersuchungen im Umland von Aleppo*, wurde von Prof. Dr. Kay Kohlmeyer und Prof. Dr. Brigitta Schütt geleitet und von Dr. Roswitha Del Fabbro durchgeführt.²⁵⁷ Das Projekt ist insofern von besonderer Bedeutung, als es mit der Zusammenstellung bronzezeitlicher Fundstellen aus dem Umfeld von Aleppo eine für die Frage der Zentralität relevante Datenbasis bereitstellt. Aleppo kann deshalb im methodischen Teil vielfach als Beispiel genutzt werden.

Aleppo liegt strategisch günstig zwischen Mittelmeer und Euphrat an einem überregionalen Verkehrsknoten. Der Ort wurde mindestens seit der Frühbronzezeit besiedelt und erlangte schnell größere Bedeutung. Die 200 mm-Niederschlagsgrenze verläuft in trockenen Jahren knapp südlich von Aleppo, im Mittel hingegen 100 km entfernt. Somit liegt Aleppo in einem relativ fruchtbaren Gebiet, allerdings Nahe der Grenze zur Wüste (Abb. 70). Berücksichtigt man den Boden, das Relief und das Grundwasser, so zeigen sich im Umfeld von Aleppo insbesondere drei Bereiche, die als günstig für die Landwirtschaft bezeichnet werden können. Diese Gebiete korrespondieren mit den Siedlungsbereichen der Bronzezeit (vgl. Abb. 33 und 34). Lokal betrachtet ist die Lage Aleppos demnach hinsichtlich des Ackerbaus weniger vorteilhaft. An Rohstoffen liefert diese Gegend lediglich Basalt und Eisen. Die Territorialgrenzen liegen in alle Richtungen etwa 100 km entfernt. Zeitweilig hatte Aleppo politisch überregionale Bedeutung und hat auch andere Königreiche beeinflusst. Im Umfeld ist eine Siedlungshierarchie zu beobachten.

Die Abschätzung des Zentralitätspotentials ergibt also, dass die Siedlungsgunst mäßig, Subsistenz am Ort mäßig, im Umfeld teils gut, Rohstoffvorkommen schlecht und die Struktur sehr gut ist. Bei der Struktur ist entscheidend, dass Aleppo einen Verkehrsknoten auf einer Ost-West-Verbindung zwischen Mittelmeer und Euphrat und einer Nord-Süd Verbindung ist. Die Nord-Süd oder besser Nordwest-Südost-Verbindung erhält durch

257 Literatur zu Projekt A-I-6: Del Fabbro 2012; Knitter u. a. 2014; Kohlmeyer 2000; Kohlmeyer 2008; Kohlmeyer 2009; Kohlmeyer 2010. – Roswitha Del Fab-

bro sei herzlich für die ausführlichen Kommentare und Ergänzungen gedankt.

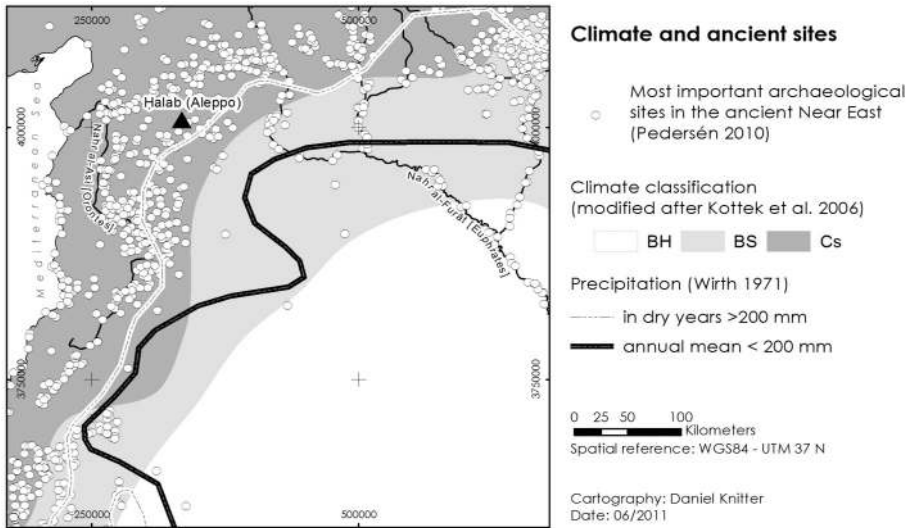


Abb. 70 Lage von Aleppo im Naturraum.

die Nähe zur Wüstengrenze besondere Bedeutung. Aleppo ist dadurch in der Lage zwischen unterschiedlich organisierten Gebieten zu vermitteln. Diese Parameter geben sicher nicht die exakte Lage Aleppos vor, aber die Region. In Verbindung mit der mittigen Lage zwischen drei Siedlungskammern, deren Siedlungsgunst hoch ist, ergibt sich ein Standort mit einem hohen Zentralitätspotential. Die Lage zwischen den Siedlungskammern kann jedoch erst zum Tragen kommen wenn Aleppo durch andere Zentralitätsfaktoren schon eine gewisse Bedeutung erlangt hat (Abb. 39). Eine Analyse der Verteilung der bronzezeitlichen Siedlungen im Umfeld von Aleppo liefert weitere Hinweise zur Beurteilung dieses Ortes. Die drei Siedlungsbereiche lassen sich anhand der Siedlungsdichte gut abgrenzen (Abb. 33 und 34). Die Siedlungen sind klar als Cluster verteilt, wie die G-, F- und K-Funktion ergeben. Eine Gleitfensteranalyse mit der F-Funktion zeigt jedoch, dass unterschiedliche Grade der Clusterung anzutreffen sind (Abb. 32). Im Norden liegt eine leichte Tendenz zur Gleichverteilung vor. Eine Kartierung der Dichtezentren bestätigt diesen Eindruck (Abb. 39). Die südlichen Siedlungskammer weisen ein oder zwei Zentren auf während im Norden zwei bis vier lokale Maxima anzutreffen sind. Die Dichteclusteranalyse hilft aufgrund fehlender Gewichtungparameter nur bedingt. Deutlich zeigt sie aber, dass Aleppo hier an der Peripherie liegt (Abb. 40 und 41). Die Siedlungsbereiche besitzen nach diesen Analysen vermutlich unterschiedliche Organisationsformen beziehungsweise unterschiedliche Funktionen. Vorsichtig interpretiert können die für die nördliche Siedlungskammer den landwirtschaftlichen Faktor als dominant halten, da in der Tendenz zu einer geordneten Verteilung der Bodenbe-

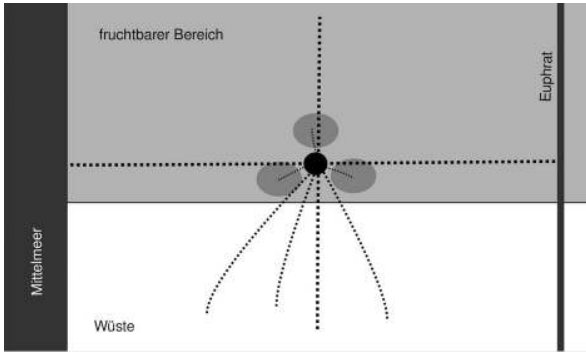


Abb. 71 Schematische Darstellung der Lage Aleppos.

darf zum Ausdruck kommt. In den anderen Siedlungskammern ist dieser Faktor sicherlich auch wichtig, aber der Handel dürfte als weiterer wichtiger Faktor hinzutreten. Es ist zu vermuten, dass die Landwirtschaft in den unterschiedlichen Bereichen auch unterschiedliche Schwerpunkte bei ihren Produkten gesetzt hat. Verhältnismäßig deutlich hervortretende Dichtezentren markieren lokale Interaktionszentren.

Die Dichtezentren 39 lassen sich sehr gut mit wichtigen Orte der vorhellenistischen Zeit identifizieren. Zu erkennen geben sich:

- Tell Rifa‘at, das ehemalige Arpad, die Hauptstadt des aramäischen Königreiches der Bet-Guś/Bit-Agusi in der ersten Hälfte des ersten Jahrtausends v. Chr.
- al-Ḥāḍer, eine etwa 20 ha große Fundstelle etwa 25 km südwestlich von Aleppo. Dieser Ort ist als Zwischenstation auf der Aleppo-Ebla Route im letzten Jahrhundert des dritten Jahrtausends v. Chr. und der ersten Hälfte des zweiten Jahrtausends v. Chr. zu interpretieren.
- Tell Abū Danne, ein 25 km östlich von Aleppo gelegener Ort an einer wichtigen Ost-West-Verbindung, die den Euphrat mit dem Mittelmeer verbindet.
- ‘Ayn Dāra, ein Ort am Flussufer des ‘Afrīn. Bedeutung kommt dem Ort aus religiösen Gründen (ein Tempel wurde ausgegraben) und als strategischer Schlüsselposition am Flusstal des ‘Afrīn zu, einer wichtigen Transitroute der Antike.
- Tell Atchana und Tell Ta‘yinat: Das politische Zentrum in der Amuq-Ebene verschob sich zwischen drittem und erstem Jahrtausend v. Chr. nur um geringe Distanzen.

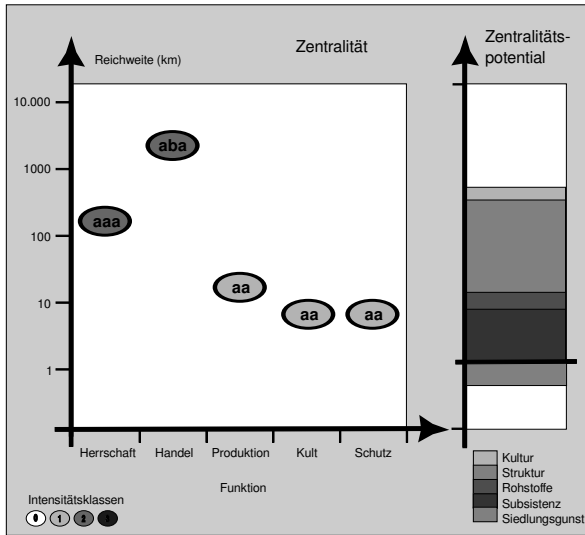


Abb. 72 Zentralitätsdiagramm.

Die Netzwerkanalysen liefern ebenfalls wichtige Interpretationshinweise. Die Graphen der Abbildung 46 und 47 zeigen deutlich, dass Aleppo auch im regionalen Verkehrsnetz eine strategisch günstige Position einnimmt. Die Berechnung der Zentralität der umliegenden Siedlungen (Abb. 52 und 53) bestätigt wieder den Eindruck, dass die einzelnen Siedlungskammer unterschiedlich organisiert waren. Den Werten der Zentralitätsindizes dürfen wir sicher keine große Bedeutung bemessen, ihre Verteilung stellt jedoch einen wichtigen Befund dar. Hier deuten sich nun auch unterschiedliche Organisationsweisen der beiden südlichen Siedlungskammern an.

In Aleppo tritt der zeitliche Faktor, also Zentralisierung als Prozess deutlich hervor. Aleppo erhält als Verkehrsknoten an einem mäßig siedlungsgünstigen Ort eine initiale Zentralität (72). Ab einem gewissen Zentralitätsgrad beginnt Aleppo als regionales Zentrum zu fungieren, das die umliegenden Siedlungskammern mit Handelsgütern versorgt und von diesen im Gegenzug mit Lebensmitteln versorgt wird. Ab diesem Zeitpunkt verfügt der Ort über ein deutlich größeres Wachstumspotential als zuvor, da die Limitierung durch die Versorgung aus der unmittelbaren Umgebung fällt. Aleppo fungiert als Gateway in unterschiedlichen Größenordnungen. Die umliegenden Siedlungsgebiete werden miteinander und mit dem überregionalen Handelnetz verbunden. Der ‚fruchtbare Halbmond‘ hat hier einen wichtigen Anknüpfungspunkt an die Wüste und der mediterrane Raum wird mit der östlichen Welt verbunden. Seine Stabilität bezieht Aleppo – eine der ältesten Städte, die noch heute eine wichtige Rolle spielen – durch die unterschiedliche Ausprägung ihrer Bezugsregionen. Hierdurch können Störungen und Katastrophen teilweise aufgefangen werden. Die unterschiedliche Charakteristik

der drei Siedlungskammern, die wir nur schemenhaft fassen können, spielt hier sicher eine wichtige Rolle. Ebenso ist der Gegensatz des fruchtbaren Bereiches und der Wüstenregion zu nennen.

Halten wir uns vor Augen, dass es in dieser Region weitere wichtige Verkehrsnoten gibt, so wird deutlich, dass erst das Zusammenspiel mehrerer Faktoren die beobachtete Zentralität ermöglicht. Eine Initialisierung ermöglicht das wirksam werden weiterer Zentralitätsfaktoren, die rückwirken auf das Potential des initialen Faktors. In Aleppo scheinen weitgehend strukturelle Faktoren diese Entwicklung beeinflusst zu haben. Zufällige Faktoren vermögen jedoch ähnlichen zu bewirken.

11 Projekt A-I-7

Das Projekt A-I-7 (Abb. 73) trägt den Titel *Paläoumweltrekonstruktion in Naga, Zentral Sudan*, wurde von Prof. Dr. Brigitta Schütt und Prof. Dr. Dietrich Wildung geleitet und von Dr. Jonas Berking, Dr. Julia Meister und Dr. Michael Schott durchgeführt.²⁵⁸ Ziel des Projektes war eine Rekonstruktion der Siedlungs- und Landschaftsgeschichte. Im Vordergrund steht hierbei die Wasserversorgung, die mit einem System von sogenannten Hafiren und zulaufenden Kanälen bewerkstelligt wurde.

In den Jahren nach dem Niedergang des ägyptischen Pharaonenreiches, vor allem in den letzten Jahrhunderten vor Christi Geburt blühte am Südrand der Nubischen Wüste die Meroitische Kultur (300 BC–300 AD) auf. Sie war nomadisch geprägt, besaß aber einige Städte. Der Herrschaftssitz dürfte im Sinne einer Königspfalz mobil gewesen sein. Eines der Zentren der Meroitischen Kultur war das in einem Seitental des Nils, etwa 45 km von diesem entfernt gelegene Naga. Die Stadt war mit einem mit Tempeln und einer aufwändigen Wasserversorgung ausgestattet. Eine Befestigung gab es hingegen nicht. In der heute sehr trockenen Region war damals vielleicht sogar Regenfeldbau möglich. Weiterhin dürfte Naga als Holzlieferant für die im nördlich gelegenen Meroe ansässige Metallindustrie fungiert haben. Naga selbst spielte vor allem, bedingt durch die naturräumlich und strukturell bedingten Lage an einer Verkehrsachse eine Rolle als Handelszentrum. Die Nord-Süd gerichtete Verkehrsachse verläuft in diesem Gebiet nicht am Nil, da dieser aufgrund der Katarakte untauglich als Verkehrsweg ist, sondern kürzt gewissermaßen durch das Landesinnere ab.

Das Zentralitätspotential muss aus naturräumlicher Sicht eher als mäßig, strukturelle hingegen als gut eingestuft werden (Abb. 74). Naga diente als religiöses und politisches Zentrum wie auch als Handelszentrum. Für das nähere Umfeld war Naga ein Christallerzentrum. Die Nomaden im Umfeld hatten hier eine Anlaufstelle für den Handel und für religiöse Funktionen. Hinsichtlich der Herrschaft haben wir es vielmehr mit einem polyzentrischen System zu tun, da Naga eine zeitweilige Pfalz war und diese

258 Literatur zu Projekt A-I-7: Berking, Beckers und Schütt 2010; Berking und Schütt 2011a; Berking und Schütt 2011b; Rehren 1995; Rehren, Haupt-

mann und Weisgerber 1995; Rehren 2001; Scholz 2006.

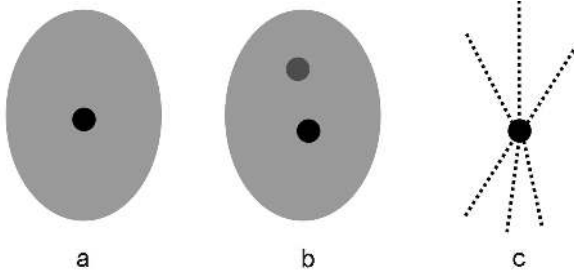


Abb. 73 Schematische Karte. 1) Christallersche Monozentralität, 2) Christallersche Polyzentralität, 3) Gateway.

Funktion etwa mit Musawwarat teilte. Vergleichbares könnte auch für einige ökonomische Funktionen zutreffen. Schließlich ist Naga als Netzwerkzentrum in einem überregionalen Handelsnetzwerk anzusprechen. Es hatte gegebenenfalls Handelsverbindungen nach Indien, Arabien, Äthiopien, Afrika und Europa. Durch die besondere Lage kommt Naga die Funktion eines Gateways der Europäisch-Afrikanischer Handelsverbindungen zu. Hierin, also in der Lage an einem Verkehrsknoten überregionaler Beziehungen dürften wir auch den Ursprung des Christallerschen regionalen Zentrums und der Pfalz sehen dürfen. Ein Handelsposten, der vielleicht geringfügig bessere naturräumliche Bedingungen aufwies als sein Umfeld – zu denken ist etwa an die Wasserversorgung – dürfte der Kristallisationspunkt gewesen sein an dem zentrale Funktionen der Nomaden stationär angesiedelt wurden. Hierbei handelt es sich um den lokalen Handel und ein religiöses Zentrum.

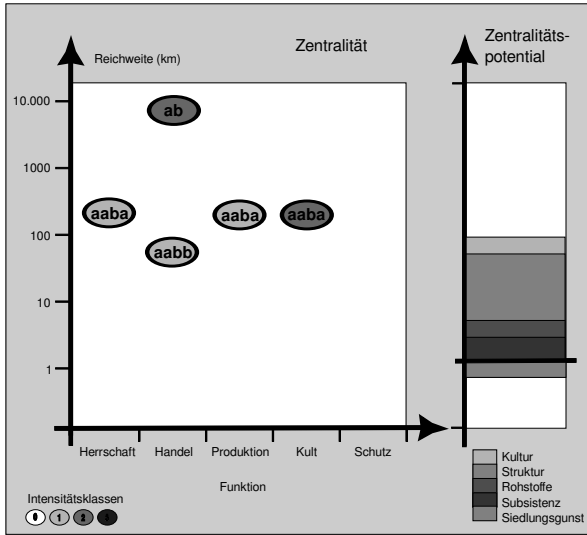


Abb. 74 Zentralitätsdiagramm zu Naga.

12 Projekt A-I-10

Das Projekt A-I-10 (Abb. 75) trägt den Titel *Siedlungsgeschichte des Südharzes*, wurde von Prof. Dr. Michael Meyer, Prof. Dr. Wiebke Bebermeier und Dr. Philipp Hoelzmann geleitet.²⁵⁹ Martin Wetzel (Archäologie) und Stephan Schimpf (Geographie) haben eine Magister- beziehungsweise Diplomarbeit in diesem Projekt angefertigt. Das Projekt beschäftigt sich mit diachronen der Rekonstruktion der Siedlungsstruktur, der Untersuchung ausgewählter Siedlungen und der Umweltrekonstruktion. Im Mittelpunkt der Arbeiten steht die Frage, ob die Immigranten der Przeworsk Kultur eine eigene Siedlungsstruktur ausbildeten oder die vorgefundenen Strukturen nutzten.

Ende des 2. Jahrhunderts v. Chr. erscheint eine isolierte kulturelle Siedlungsregion der Przeworsk Kultur im südlichen Harz, der an der nördlichen Peripherie der Latène Kultur dieser angehört. Die Siedlungen der Przeworsk Kultur zeichnen sich durch Nähe zu Eisenerzvorkommen und durch Eisenverarbeitung aus. Die Reichweite dieses Zentrums der Eisengewinnung ist schwer abzuschätzen. Weiterhin ist von dem Projekt zu klären, ob die Immigranten als Spezialisten angeworben wurden oder gezielt und eigenständig die Rohstoffvorkommen aufgesucht haben.

Die Siedlungsgunst kann als relativ gut bezeichnet werden (Abb. 76). Sehr gut ist das Zentralitätspotential hinsichtlich der Rohstoffe. Die Beurteilung der Struktur muss derzeit noch offen bleiben. Bei den Siedlungen der Przeworsk Kultur handelt es sich offensichtlich um eine spezialisierte Kleinregion. Die Frage nach dem Zentralitätstyp kann noch nicht beantwortet werden. Einerseits mag es sich um ein Christallerzentrum handeln. Das ist der Fall, wenn die Metallhandwerker der Przeworsk Kultur gezielt angeworben wurden um den Eisenbedarf der einheimischen Angehörigen der Latène Kultur zu decken. Andererseits kann sich um eine Gruppe von Spezialisten handeln, die gewissermaßen in einer Kolonie in der fremde Rohstoffe für die Przeworsk Kultur erschließen. In diesem Fall haben wir es sicher eher mit einer Variante der Netzwerkzentralität zu tun.

259 Literatur zu Projekt A-I-10: Bebermeier, Hoelzmann u. a. 2009; Brumlich 2006; Brumlich 2010; Heise [unpubliziert]; Meyer u. a. 2004; Meyer 2013; R.

Neef [unpubliziert]; Nowak [unpubliziert]; Wesselhöft [unpubliziert].

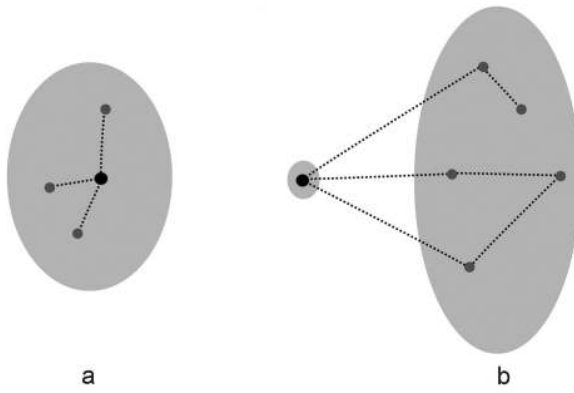


Abb. 75 Schematische Karte zweier Möglichkeiten.
 1) Christallerzentralität, 2) Netzwerkzentralität.

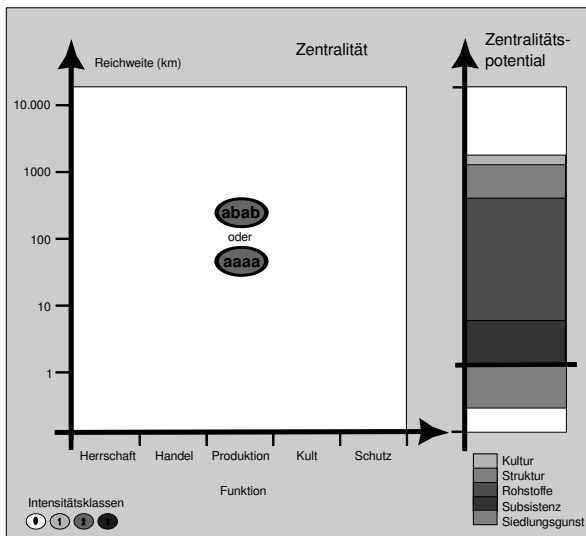


Abb. 76 Zentralitätsdiagramm.

13 Projekt A-I-11

Das Projekt A-I-11 trägt den Titel *Lossow bei Frankfurt/Oder – Eine früheisenzeitliche Kultstätte in der antiken Randzone*, wurde von Prof. Dr. Ines Beilke-Voigt, Prof. Dr. Wiebke Bebermeier und Prof. Dr. Georg Kaufmann geleitet und von Dr. Andreas Mehner, Dr. Janina Körper, Dr. Gerwulf Schneider, Dr. Malgorzata Daszkiewicz, Jun.-Prof. Christiane Singer und Dipl.-Geophys. Burkart Ullrich durchgeführt.²⁶⁰ Das Projekt widmete sich dem bronzezeitlichen Burgwall von Lossow an der Oder. Im Mittelpunkt stand die Frage, welche Rahmenbedingungen dazu führten, dass der Ort zu einem Zentralort wurde. Das Projekt ist von besonderer Bedeutung, da es Daten zur Umfeldbesiedlung bereitstellt.

In der späten Bronzezeit wurde der Burgwall von Lossow am Hochufer der Oder errichtet und bis in die frühe Eisenzeit genutzt. Insbesondere aus der Eisenzeit stammen die über 60 Opferschächte, die Lossow als Kultzentrum erscheinen lassen. Funde zeigen vor allem Handelsbeziehungen nach Süden auf. Der Burgwall wird von einer Vorbürgsiedlung und einem Gräberfeld flankiert. Einige Kilometer nördlich ist an der Oder der gleichartige Burgwall Lebus zu finden. Das Verhältnis der Anlagen zueinander ist noch nicht gänzlich geklärt.

Sowohl Lossow, als auch Lebus weisen Fernbeziehungen auf und sind damit in ein weiträumiges Netzwerk eingebunden. Hierin kommt eine moderate Netzwerkzentralität zum Ausdruck, die vermutlich die Funktion Handel betrifft. Die deutlich hervortretende kultische Funktion sowie Schutz und Herrschaft haben sicher eine weitaus geringere Reichweite und sind im Sinne der christallerschen Zentralität organisiert. Verschiedene Ansätze zur Abschätzung der Reichweite beziehungsweise der Territoriengröße

260 Literatur zu Projekt A-I-11: Agahd 1911; Beilke-Voigt 2007; Beilke-Voigt 2010c; Beilke-Voigt 2009; Beilke-Voigt 2010; Beilke-Voigt 2010b; Beilke-Voigt 2010a; Beilke-Voigt und Schopper 2010b; Beilke-Voigt und Schopper 2010a; Beilke-Voigt und Schopper 2010c; Beilke-Voigt 2014; Benecke 1995; Frehse und Schopper 2009; Geisler 1969; Geisler 1978; Geisler 1980; Geisler 1986; Geisler und Griesa 1982;

Griesa 1965; Griesa 1982b; Griesa 1982a; Griesa 1986; Griesa 1989; Griesa 1995a; Griesa 1995b; Griesa 2000; Hiltzheimer 1922; Kliemann 2000; Lienau 1928; Lienau 1931; Mehner 2010; Unverzagt 1928b; Unverzagt 1928a; Unverzagt 1929; Unverzagt 1930a; Unverzagt 1930b; Unverzagt 1969; Voß 1987; Weigel 1890.

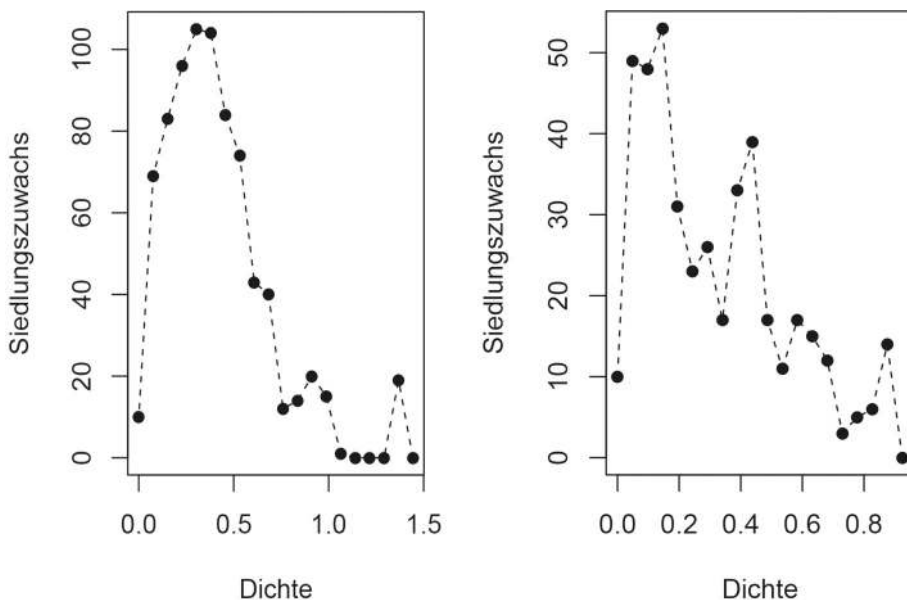


Abb. 77 Fundstellenzuwachskurve zur Auswahl der idealen Isolinien der Fundstellendichte im Umfeld von Lossow und Lebus. Links Bronzezeit, rechts Eisenzeit.

sollen kurz angesprochen werden. Zunächst können wir von der Verteilung der Lausitzer Burgen ausgehen. Gehen wir davon aus, dass die Fläche unter den Burgen lückenlos aufgeteilt wird, also eine Tessellierung vorgenommen wird, dann ist der Voronoi-Graph ein gutes Werkzeug die möglichen Territorialgrößen abzuschätzen (Abb. 80 und 81). Zwar wird die Grenze zwischen zwei Territorien dort gezogen, wo die Distanz zu zwei Zentren gleich ist, womit beispielsweise das Relief nicht berücksichtigt wird, aber realistischere Berechnungsmethoden würden nur Größenverschiebungen zwischen den Territorien bewirken. Wir erhalten mit dieser Methode für Lossow ein Territorium von 1600 km² und für Lebus 2500 km². Beachten wir jedoch die ungleichmäßige Verteilung der Burganlage, würde das für das Umfeld von Lossow überdurchschnittlich große Territorien bedeuten. Im Bereich der größeren Burgendichte im Süden führt die Tessellierung zu etwa 300 km².

Gehen wir davon aus, dass keine flächendeckende Aufteilung vorgenommen wurde, kann versucht werden auf der Basis der Verteilung der Siedlungen die Einzugsgebiete zu ermitteln. Hierfür wird zunächst die Fundstellendichte berechnet. Ausgehend von der Prämisse, dass die Siedlungskammern durch Bereiche geringer Fundstellendichte voneinander getrennt sind, kann eine Isolinie eines ausgewählten Dichtewertes zur Begrenzung der Territorien verwendet werden. Zimmermann (2004) zufolge kann der Dichtewert verwendet werden, für den der höchste Fundstellenzuwachs zu verzeichnen

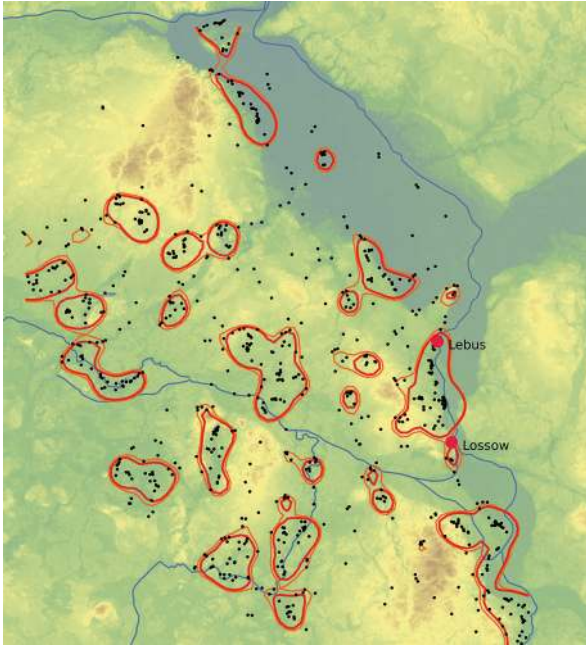


Abb. 78 Ideale Isolinien der Fundstellendichte im Umfeld von Lossow und Lebus. Bronzezeit (rot: 0,3, orange: 0,25).

ist (Abb. 77). Für die Bronzezeit zeigt die ideale Isolinie ein großes Territorium für Lebus von 87 km^2 und ein kleines für Lossow von 4 km^2 (Abb. 78–79). Wählen wir jedoch eine geringfügig geringere Dichte zur Abgrenzung verbinden sich die Territorien und erreichen eine Größe von 120 km^2 . Für die Eisenzeit hingegen zeigt die ideale Isolinie ein gemeinsames Territorium von 600 km^2 . Das zweite, geringere Maximum des Fundstellenzuwachses zeigt für Lebus ein deutlich kleineres Territorium. Lossow liegt außerhalb der durch die Dichtewerte eingegrenzten Territorien.

Ein weiteres Verfahren der dichtebasierte Abgrenzung ist die Dichteclusteranalyse (Abb. 80 und 81). Hierbei muss ein Wert für die Gewichtung der Distanz gegenüber der Dichte angegeben werden, für den es keine natürlichen Vorgaben gibt. Den Ergebnisclustern wird man deshalb nur bedingt Bedeutung zumessen können. Die beispielhaft durchgeführte Berechnung zeigt jedoch, dass sich auf der Basis der Dichte für Lossow und Lebus recht große Einzugsgebiete ergeben können, die auch Teile der durch ideale Isolinien abgegrenzte Bereiche anderer Dichteschwerpunkte enthalten. Ursache hierfür ist, dass neben den Dichtewerten auch die Lage der Punkte zueinander in die Berechnung einfließt.

Die durchgeführten Analysen ergeben also mono- und polyzentrische Modelle für Lossow und Lebus (Abb. 82). Die Territorialgröße gliedert diese Modelle jeweils in zwei Varianten.

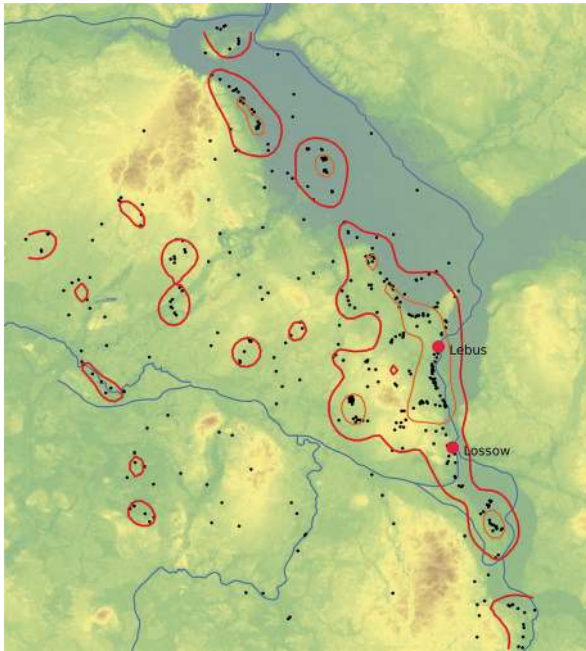


Abb. 79 Ideale Isolinien der Fundstellendichte im Umfeld von Lossow und Lebus. Eisenzeit (rot: 0,15, orange: 0,43).

Modell 1: Lossow und Lebus sind christallersche Monozentren in jeweils eigenen Territorien (Abb. 87). Sie erfüllten nicht nur kultische Funktionen, sondern dienten als Herrschaftssitz und Handelszentrum. Zudem waren sie als Knoten in ein weiträumiges Handelsnetzwerk eingebunden, in dem sie eine moderate Zentralität aufweisen. Die Berechnung mit Hilfe von Voronoi-Graphen führt zu sehr großen Territorien für beide Burgen. Die zweite Variante, die auf der idealen Isolinie beruht, führt hingegen zu sehr unterschiedlichen Größen.

Modell 2: Lossow und Lebus sind Polyzentren des gleichen Territoriums und erfüllen vorwiegend kultische Funktionen, markieren aber zudem den Ein- und Austritt in das beziehungsweise aus dem Territorium an der Oder (Abb. 88). Weitere funktionale Zentren sind anzunehmen. So wird ein Versorgungszentrum in Lichtenberg gelegen haben. Hier sind zahlreiche Siedlungsgruben beobachtet worden. Dieser Platz ist im mutmaßlichen Territorium verkehrstechnisch relativ zentral gelegen. Die erste Variante dieses Modells modifiziert die Isolinienabgrenzung durch leichte Änderung des abgrenzenden Wertes. Die zweite Variante basiert auf der Dichteclusteranalyse.

Die Voronoi-Analyse zeigt, dass die Prämisse einer Tesselierung eher nicht haltbar ist, da deutlich unterschiedliche Burgendichten zu beobachten sind. Die Tesselierung der Burganlagen dürfte lediglich für Distributionsgebiete von auf den Burganlagen pro-

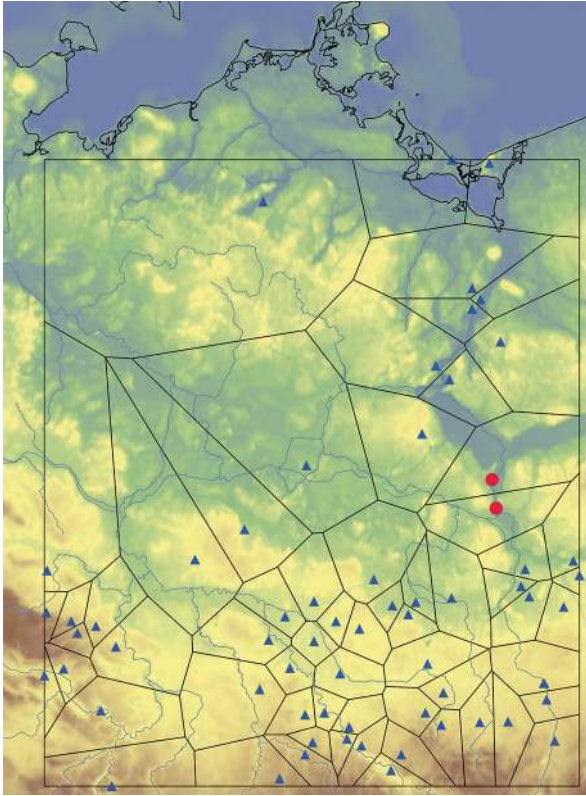


Abb. 80 Voronoi-Graph der Lausitzer Burgen der bronzezeitlichen Fundstellen im Umfeld von Lossow und Lebus.

duzierten Bronzeobjekten gelten. Die unterschiedlichen Territoriengrößen der idealen Isolinien für die Bronzezeit erscheinen ebenfalls unglaubwürdig. Die Variation des Abgrenzungswertes und die Ergebnisse für die Eisenzeit legen ein gemeinsames Territorium nahe. In diese Richtung deutet auch die Dichtecusteranalyse für die Bronzezeit, als allerdings eher vages Argument. Dieses Modell erfährt auch durch den Fundort Lichtenberg Unterstützung, der in entsprechenden Varianten der Territorien enthalten ist.

Neben der Beurteilung der Reichweite soll die strukturelle Einbindung Lossows untersucht werden. Zunächst können mutmaßliche Verkehrswege mit dem Relative Neighbour Graphen dargestellt werden (Abb. 83–86). Hier gibt sich zu erkennen, dass Lossow und Lebus, abgesehen von der Lage an der Oder, verkehrstechnisch eher schlecht eingebunden sind. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass Gleichzeitigkeit aller Fundstellen angenommen wird. Werden statt den Fundstellen die Dichtezentren der Fundstellen verwendet, ist diese Voraussetzung besser erfüllt, als bei Nutzung einzelner Fundstellen. Das ändert sich hierdurch allerdings nicht. Damit lässt sich annehmen, dass Lossow und Lebus in der gemeinsamen Siedlungskammer peripher gelegen waren. Die-

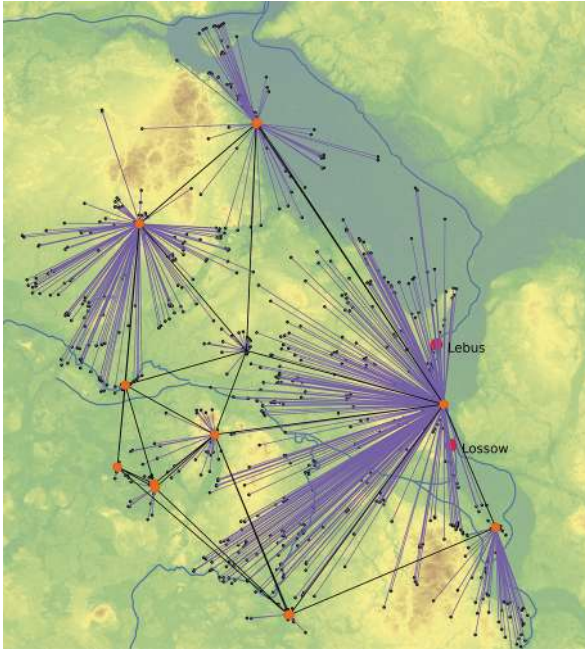


Abb. 81 Dichtecuster der bronzezeitlichen Fundstellen im Umfeld von Lossow und Lebus mit arbiträren Parametern.

ser Sachverhalt steht im Kontrast zu dominanten Lage an der Oder, die Kontrolle von Handel und Verkehr ermöglichte. Alleine aus diesem Befund ließe sich ein wichtiger Verkehrsknoten an der Oder zwischen beiden Burgwällen erschließen. Dieser gibt sich in den durchgeführten Analysen tatsächlich zu erkennen.

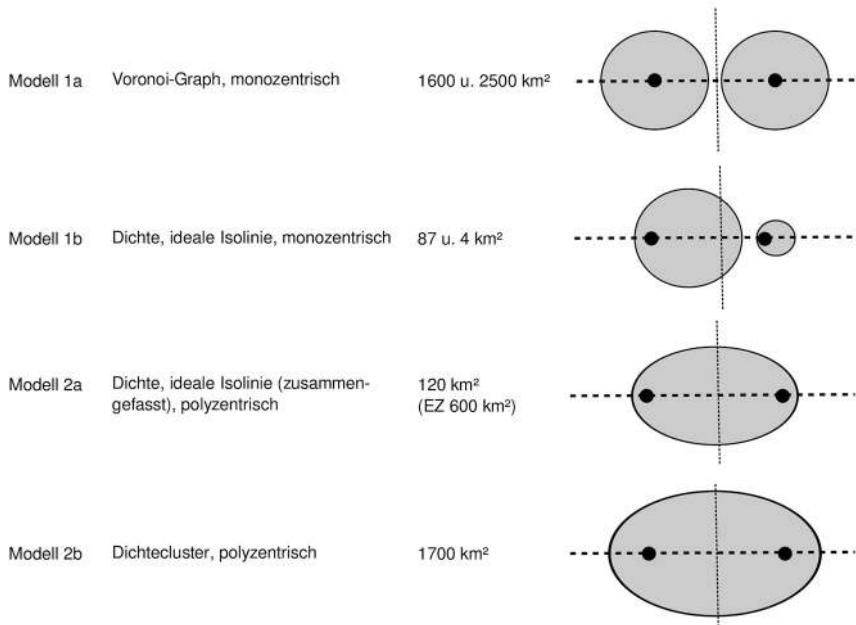


Abb. 82 Modelle der Zentralität für Lossow und Lebus.

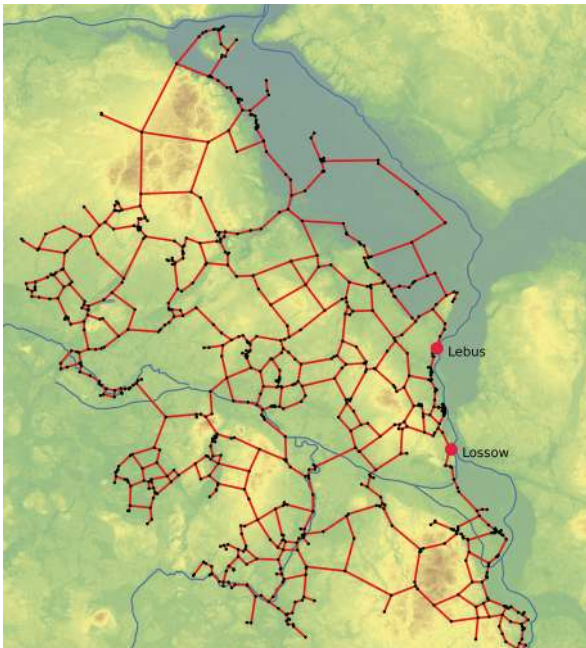


Abb. 83 Relative Neighbour Graph der bronzezeitlichen Fundstellen im Umfeld von Lossow und Lebus.

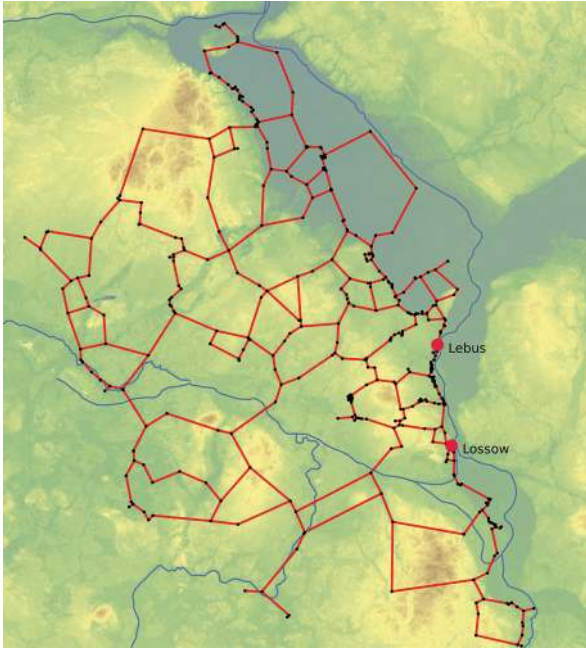


Abb. 84 Relative Neighbour Graph der eisenzeitlichen Fundstellen im Umfeld von Lossow und Lebus.

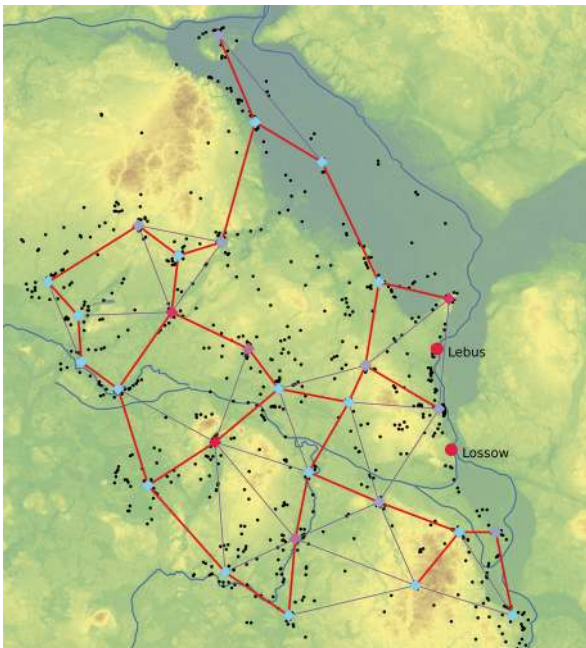


Abb. 85 Relative Neighbour Graph, Sphere of Influence Graph und Betweenness des Delaunay-Graphen der Dichtezentren der bronzezeitlichen Fundstellen im Umfeld von Lossow und Lebus.

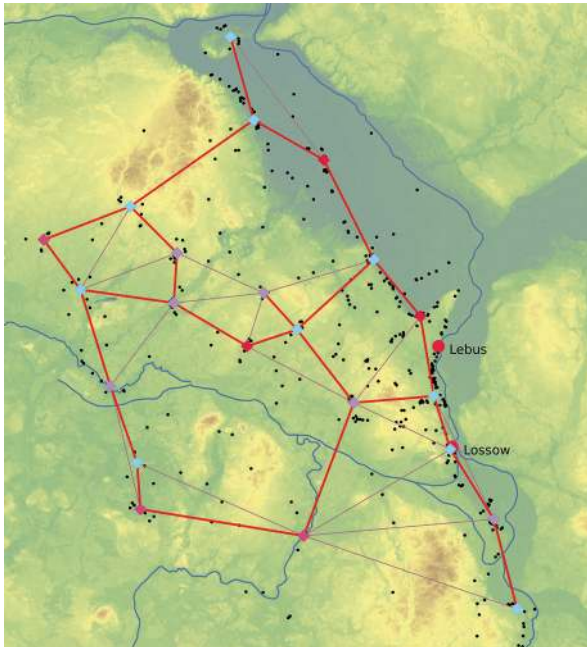


Abb. 86 Relative Neighbour Graph, Sphere of Influence Graph und Betweenness des Delaunay-Graphen der Dichtezentren der eisenzeitlichen Fundstellen im Umfeld von Lossow und Lebus.

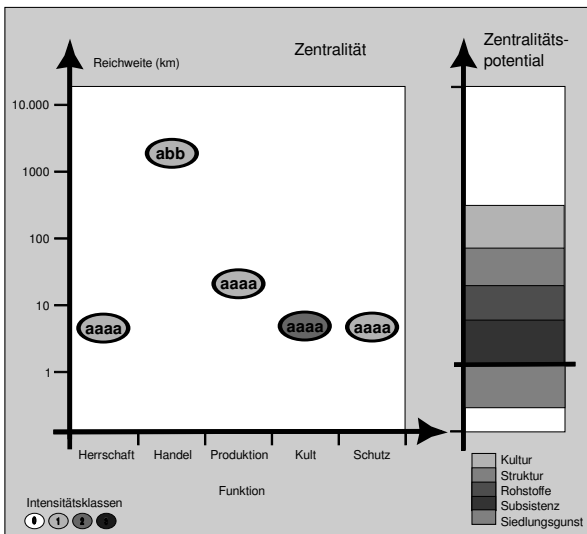


Abb. 87 Zentralitätsdiagramm, Modell 1.

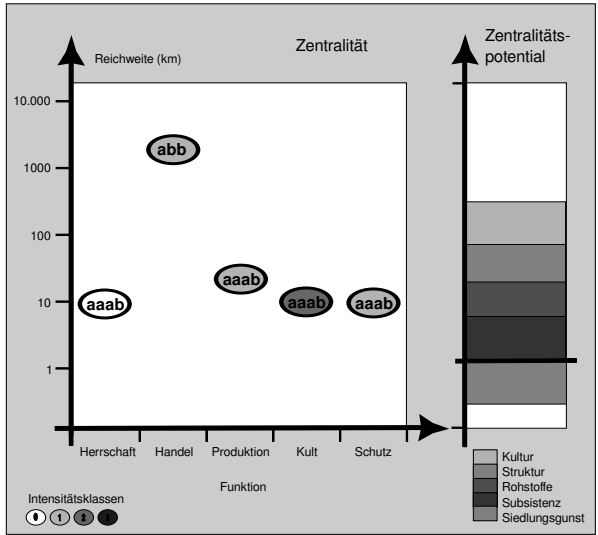


Abb. 88 Zentralitätsdiagramm, Modell 2.

14 Projekt A-I-16

Das Projekt A-I-16 (Abb. 89) trägt den Titel *Monumentalarchitektur in der Nabatäerhauptstadt Petra (Jordanien): Grabkomplexe und Paläste*, wurde von Prof. Dr. Stephan G. Schmid und Prof. Dr. Brigitta Schütt geleitet und von Dr. Brian Beckers und Dr. Karin Petrovsky durchgeführt.²⁶¹ Dieses Projekt war den ab dem ersten Jahrhundert v. Chr. und im ersten Jahrhundert n. Chr. auftretenden Grabmonumenten in Petra gewidmet. Das im heutigen Jordanien gelegene Petra hatte als Hauptstadt der Nabatäer überregionale Bedeutung. Bearbeitet wurde die Frage, ob die Architektur Petras gezielt dazu beitragen sollte, ein Zentrum zu schaffen.

Petra ist ein Knotenpunkt von naturräumlich bedingten Handelswegen. In der Zeit, als Petra Hauptstadt der Nabatäer war wurden monumentale Grabanlagen erbaut, darunter auch Gräber der Königsfamilie. Zudem wurden Heiligtümer errichtet. Hinweise auf einer dieser Funktion entsprechenden Siedlung sind nicht zu finden. Nach Verlegung der Handelswege verliert Petra an Bedeutung.

Das Zentralitätspotential muss überwiegend als gering eingeschätzt werden (Abb. 90). Die Umgebung liefert schlechte Bedingungen für Landwirtschaft und wird kaum eine Überproduktion zugelassen haben. An Rohstoffen steht lediglich Stein an. Strukturell ist durch die Lage an einem Verkehrsknoten ein relativ hoher Wert gegeben. Das trifft auch für die Kultur zu, da Petra durch die Grabanlagen und Heiligtümer eine besondere Bedeutung erlangt.

Die Zentralität selbst ist für manche Funktionen hoch, zu nennen ist die Netzwerkzentralität des Handels, die in Verbindungen von Ägypten bis Syrien zum Ausdruck kommt. Herrschaft und Kult sind Funktionen, die für das Nabatäerreich erfüllt werden. Hier können wir von Christallerzentralität sprechen. Die Produktion dürfte eher von lokaler Bedeutung gewesen sein. Bei der Befestigungsanlage ist unklar, ob es sich um eine rein repräsentative Anlage oder um eine Befestigung lokaler Reichweite handelt.

Auch in Petra werden die Kopplung verschiedener Funktionen und der zeitliche Faktor deutlich. Die Lage am Verkehrsknoten ist die Initialisierung als zentraler Ort.

261 Literatur zu Projekt A-I-16: Schmid 2001.

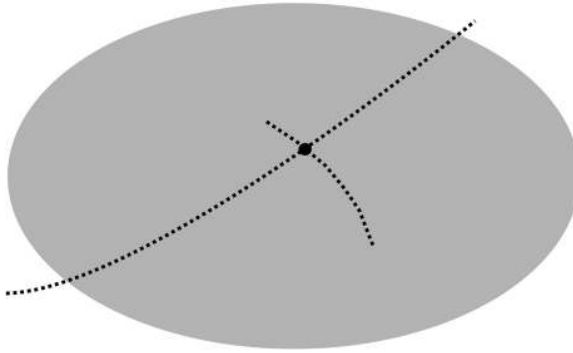


Abb. 89 Schematische Karte.

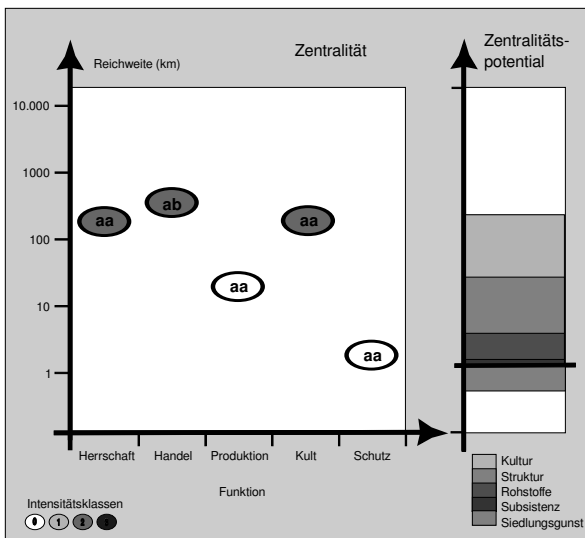


Abb. 90 Zentralitätsdiagramm.

Diese Ausgangslage wird bei der Wahl einer Residenz genutzt, wodurch Herrschaft als weitere Zentrale Funktion hinzukommt. Dies bildet wiederum die Basis für die Errichtung von Grabmonumenten und Heiligtümern. An einem naturräumlich ungünstigem Ort können so mehrere zentrale Funktionen zusammenkommen. Fatal für diesen Zentralort ist die Verlegung der Verkehrswege, die schließlich zur Aufgabe von Petra führt.

15 Projekt A-I-17

Das Projekt A-I-17 (Abb. 91) trägt den Titel *Rekonstruktion der Paläoumwelt und antiken Landschaft von Dahschur (Ägypten) mit ihren Grabdenkmälern, Heiligtümern und Siedlungen*, wurde von Dr. Nicole Alexanian, Prof. Dr. Wiebke Bebermeier, Prof. Dr. Brigitta Schütt und Prof. Dr. Stephan Seidlmayer geleitet.²⁶² Als studentische Hilfskraft hat Arne Ramisch B.Sc. seine Masterarbeit in dem Projekt geschrieben.

Das Projekt widmete sich der 30 km südlich von Kairo gelegenen Pyramiden-Nekropole von Dahschur aus dem Alten und Mittleren Reich (2.600–1.700 AD). Angestrebt wurde eine Rekonstruktion der Kulturlandschaft unter besonderer Berücksichtigung der Paläoumweltbedingungen. Dahschur liegt an der Grenze der Nilaua zur Wüste. Die Pyramiden sind als Kette an der Schichtstufe aufgereiht und sind der Metropole Memphis zugeordnet, die am verkehrstechnisch günstig am Eingang des Nildeltas gelegen ist. Den Pyramiden benachbart sind im Flachwüstenstreifen Pyramidenstädte, die für Priester gegründet wurden, welche den Kult des verstorbenen Königs an der Pyramide oft über Jahrhunderte aufrecht erhielten. Die während des Baus und des Betriebs der Pyramiden die erforderlichen Produktionseinrichtungen befanden sich nah bei den Pyramiden in der Wüste.

Die Pyramiden selbst meiden das fruchtbare Niltal, liegen aber direkt an dessen Rand. Die Siedlungsgunst muss deshalb als gut angesehen werden. Eine besonders gute strukturelle Lage lässt sich nicht ausmachen (Abb. 92). War die Nekropole jedoch erst einmal gegründet, dann besaß der Ort als kultisches Zentrum Anziehungskraft. Während die Pyramiden mit den Pyramidenstädten kulturelle Zentren bildeten, liegen sie gleichermaßen peripher zur zugeordneten Siedlung. Wir haben es zweifellos mit einer polyzentralen Siedlungsstruktur zu tun. Dahschur weist hierbei eine Konzentration auf die Funktion ‚Kult‘ auf. Verschiedene Faktoren spielten bei der Lokalisation der Nekropole eine Rolle. Der fruchtbare Boden sollte anderen Zwecken vorbehalten bleiben, es

262 Literatur zu Projekt A-I-17: Alexanian und Seidlmayer 1998; Alexanian und Seidlmayer 2002b; Alexanian und Seidlmayer 2002a; Alexanian, Bebermeier

u. a. 2012; Ramisch u. a. 2012; Bebermeier, Alexanian u. a. 2011.

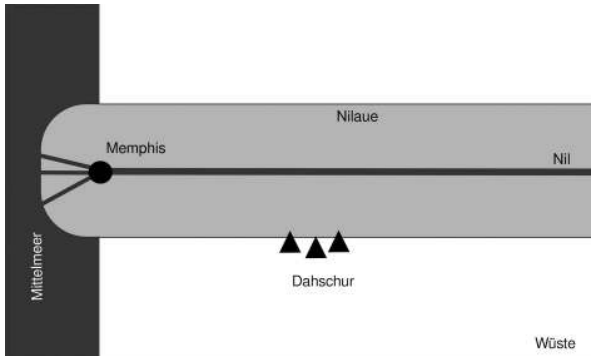


Abb. 91 Schematische Karte.

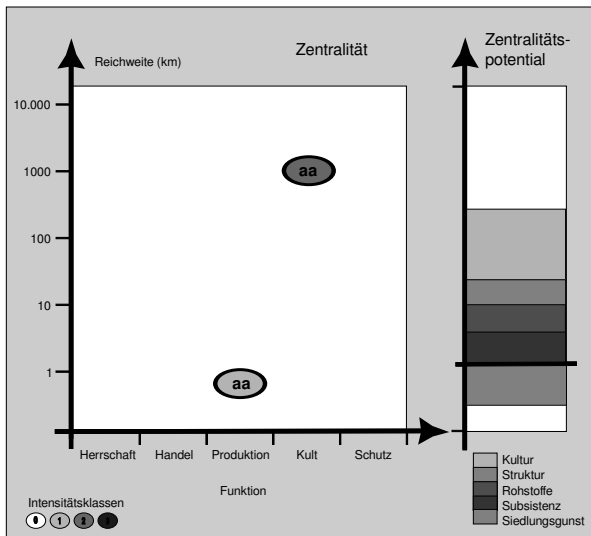


Abb. 92 Zentralitätsdiagramm.

mussten lokale Steinbrüche verfügbar sein, in denen das Kerngestein für die Pyramiden und Gräber gebrochen wurde, die Pyramiden sollten weithin sichtbar sein und die Grenze zur Wüste korrespondiert mit der Grenze zur jenseitigen Welt.

16 Synthese

16.1 Christallerzentralität und Netzwerkzentralität

Ein wichtiges Anliegen des theoretischen Teils des vorliegenden Beitrages war die Integration des Christallerschen Konzeptes und des Netzwerkkonzeptes von Zentralität. In der hierarchischen Klassifikation der Organisationsstrukturen werden diese beiden Varianten an prominenter Stelle unterschieden. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen nutzend gilt es nun das Verhältnis dieser beiden Zentralitätskonzepte zueinander besser zu verstehen. Hierbei können wir von drei Beobachtungen ausgehen:

1. Oft sind beide Organisationsformen an einem Ort deutlich erkennbar zu beobachten.
2. Die Reichweite der Netzwerkzentralität ist meistens erheblich höher als die der Christallerzentralität.
3. Die Netzwerkzentralität besitzt im Bereich der Funktion ‚Handel‘ einen Schwerpunkt.

Während die Klassifikation der Organisationsformen einen Gegensatz zwischen Christallerzentralität (aa) und Netzwerkzentralität (ab) zu enthalten scheint, können wir hier tatsächlich ein komplementäres Verhältnis beobachten (Abb. 93). Beide Formen gehören zusammen und betreffen unterschiedliche Beziehungstypen der einzelnen Orte. Während Christallers Theorie von einer flächendeckenden Versorgung exklusiver Ergänzungsgebiete ausgeht, betrachtet das Netzwerkkonzept beliebige Interaktionen. Beides ergänzt sich gegenseitig. Wir können postulieren, dass jeder Ort ein jeweils spezifisches Maß an Christallerzentralität und an Netzwerkzentralität aufweist.

Die Komplementarität von Christallerzentralität und Netzwerkzentralität setzt allerdings kein konstantes Verhältnis zwischen beiden Organisationsformen voraus. Vielmehr kann eine Form dominieren, womit ein Ort deutlich geprägt wird und eines seiner

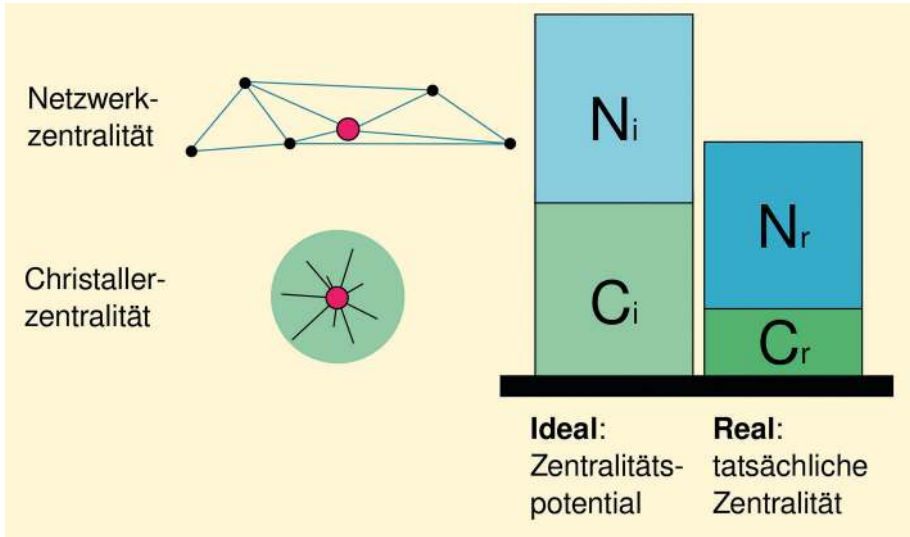


Abb. 93 Zusammenhang zwischen Christaller- und Netzwerkzentralität.

wesentlichen Charakteristika im Interaktionsgeflecht des Siedlungsgefüges erhält. Hier lassen sich drei idealtypische Modelle unterscheiden:

1. Christallerzentralität und Netzwerkzentralität sind etwa in gleichem Maße ausgeprägt.
2. Die Christallerzentralität ist dominant. Interaktionsbeziehungen bestehen vor allem mit Orten im eigenen Ergänzungsgebiet und mit übergeordneten Zentren.
3. Die Netzwerkzentralität ist dominant. Interaktionsbeziehungen bestehen vor allem mit ferneren Orten zu denen es keine Über- und Unterordnung gibt. Die Interaktionen sind im abgedeckten Bereich nicht flächendeckend.

Oft wird man davon ausgehen können, dass die Grundversorgung der einzelnen Orte mit Hilfe einer christallerschen Organisationsstruktur erfolgt. Hier liegt eine monohierarchische Struktur mit wohl abgegrenzten Einzugsgebieten aufgrund der Transportkosten nahe. Da eine disperse Verteilung der Orte die Nutzung von Transportsynergien erschwert, werden Ortssynergien, also christallersche Zentren genutzt. Nicht hierarchische Netzwerkstruktur sind dann von Nutzen, wenn aufgrund hoher Entfernungen Transportsynergien gesucht werden. Das tritt beispielsweise auf, wenn bestimmte Güter in mehreren, aber nicht allen Regionen produziert werden. Monopole hinge-

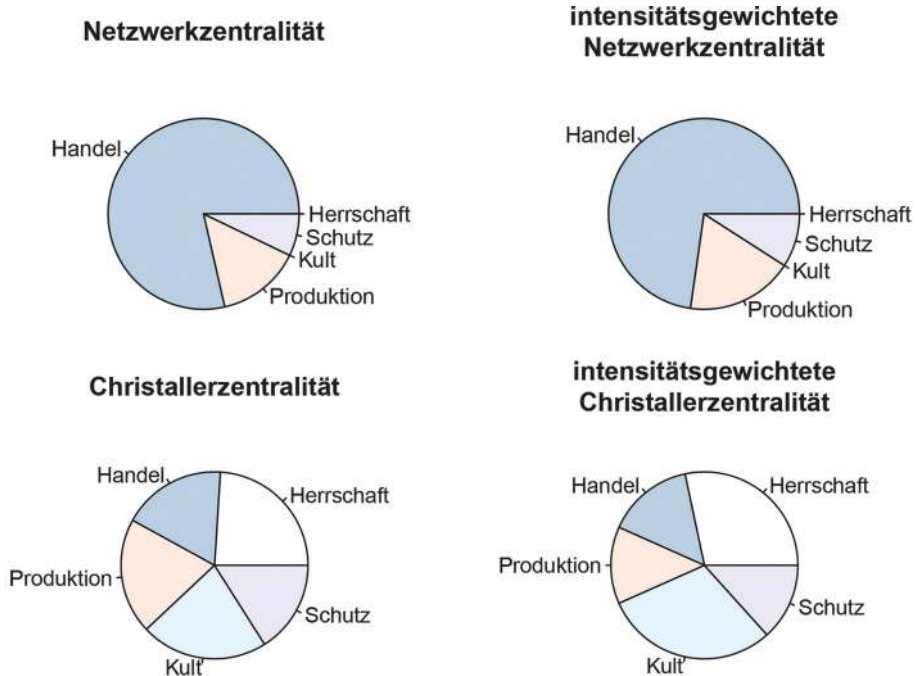


Abb. 94 Zentralitätsübersicht der Fallbeispiele aus Topoi A-I.

gen bilden zwangsläufig christallersche Strukturen aus. Netzwerke bilden gewissermaßen Märkte der Interaktionsbeziehungen, denen christallersche Siedlungsstrukturen als räumlich restriktivere Organisationsform entgegensteht.

Diese Überlegungen machen verständlich, warum Netzwerkzentralität tendenziell eine höhere Reichweite aufweist als Christallerzentralität. Zudem wird deutlich, warum Netzwerkzentralität auf Handel fokussiert ist. In vielen Fällen sind Herrschaft, Kult und Schutz, Territorial und Produktion mit Ortssynergien verbunden. Dies spiegelt sich in der Verteilung der zentralörtlichen Funktionen für die Fallbeispiele deutlich wider (Abb. 94). Handel nimmt hierbei über 75% ein. Unter den weiteren Funktionen hebt sich die Produktion mit einem jedoch immer noch geringen Anteil ab. Gewichtet man diese Zusammenstellung mit der Zentralitätsintensität, so ändert sich wenig. Der Anteil des Handels nimmt geringfügig ab. Bei der Christallerzentralität hingegen sind die Funktionen weitgehend gleichmäßig verteilt. Lediglich im intensitätsgewichteten Vergleich heben sich Herrschaft und Kult hervor. Dieser Vergleich der Fallstudien ist sicher nicht repräsentativ, dürfte aber eine richtige Tendenz darstellen.

Ein weiterer Aspekt, der das klassische christallersche Modell ergänzt ist die Möglichkeit der Polyzentralität, die in mehreren Fallstudien beobachtet werden konnte

Polyzentralität

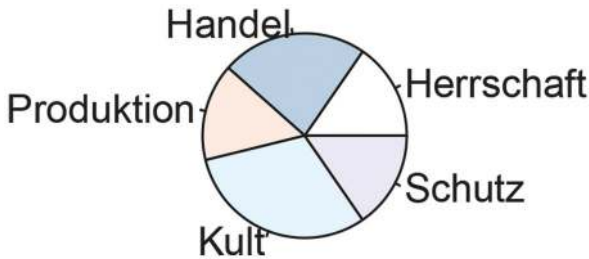


Abb. 95 Zentralitätsübersicht der Fallbeispiele aus Topoi AI zur Polyzentralität.

(Abb. 95). Hierbei besitzt ein Territorium mehrere Zentren mit meistens unterschiedlichen Funktionen. Polyzentralität treffen wir dann an, wenn Standortvorteile gegenüber Ortssynergien partiell überwiegen oder die Kosten der Strukturzusammenlegung als zu hoch eingeschätzt werden. Polyzentralität nimmt eine Mittelstellung zwischen Christallerzentralität und Netzwerkzentralität mit Schwerpunkt im Bereich der Christallerzentralität ein. Das Vorliegen dieser Organisationsform gibt deutliche Hinweise auf die Funktionsweise des Siedlungssystems, wie auch der Gesellschaft. Bei der Polyzentralität ist die Funktion des Kult dominant. Hierin gibt sich zu erkennen, dass Kultzentren oft auf Standortvorteilen beruhen. Zu denken ist beispielsweise an Orte des Martyriums. Derart ortsgebundene Kultzentren lassen sich nicht einfach an ein Herrschafts- oder Handelszentrum verpflanzen.

Die Besprechung der Christaller- und der Netzwerkzentralität führt zu dem Gedanken der Gliederung des Raumes in einen Fern- und einen Nahbereich, in denen jeweils Netzwerk und Christallerzentralität dominieren. Dieses Konzept wurde schon auf anderer Grundlage von verschiedenen Autoren besprochen. Zu nennen ist etwa das Drei-Zonen-Modell von Beilke-Voigt²⁶³ oder Peripherie-Modelle, etwa von Denecke²⁶⁴ oder von Steuer.²⁶⁵ Drei Bereiche können unterschieden werden:

Interaktionsraum 1 Der Zentralort selbst mit dem Kernraum (Beilke-Voigt), der zentrale Raum (Denecke) beziehungsweise Reichtumszentren (Steuer) stellt den Ballungsbereich dar, der flächendeckend als Interaktionsknoten genutzt wird und in dem intensive Interaktionen möglich sind, ohne Transportkosten beachten zu müssen. Wenngleich der Zentralort ausgedehnt ist, so erscheint er im Modell doch nur als Punkt, da die inneren Distanzen vernachlässigt werden. Von diesem Ort gehen die entscheidenden Impulse für das zugeordnete Territorium aus. Andererseits weist

263 Beilke-Voigt 2010.

264 Denecke 2004.

265 Steuer 2004.

der Interaktionsraum 1 meist ein erhöhtes Zentralitätspotential in mindestens einer Kategorie auf.

Interaktionsraum 2 Das Territorium, Ergänzungsgebiet oder die Siedlungskammer (Beilke-Voigt), Region (Beilke-Voigt), innere Peripherie (Denecke) beziehungsweise Hinterland (Steuer), Umland (Steuer) oder Kernraum (Steuer) ist der Bereich, der nicht flächendeckend als Interaktionsknoten genutzt wird, der aber flächendeckend von einem Zentralort abhängt. Die zentralen Funktionen werden in diesem Gebiet an einer oder wenigen ausgewählten Stellen erfüllt. Innerhalb dieses Bereiches spielen die Transportkosten eine große Rolle. Die Versorgung des Zentralortes beziehungsweise der Zentralorte in einem polyzentralen Modell erfolgt aus dem Territorium heraus. Ebenso erhält der Zentralort seinen Bedeutungsüberschuss aus diesem Gebiet. Die Beziehung zwischen Territorium und Zentralort entspricht den Regeln der Christallerschen Zentralität.

Interaktionsraum 3 Die weitere Umgebung des Zentralortes, die überregionale Kulturlandschaft (Beilke-Voigt) oder die Peripherie (Steuer) beziehungsweise äußere Peripherie (Denecke) unterhält keine flächendeckenden Kontakte mit dem betrachtenden Zentralort. Vielmehr sind es ausgewählte Interaktionsknoten, die in einer nicht hierarchischen Beziehung zu diesem stehen. Die Transportkosten spielen in diesem Bereich eine geringere Rolle als im Territorium. Interaktionen, die stark transportkostenabhängig sind, werden schlichtweg nicht ausgeführt. Deshalb erfolgt die Lebensmittellversorgung nur in bestimmten Fällen aus der Peripherie, nämlich dann, wenn sie aus dem Territorium nicht oder nur mit erheblich höheren Kosten erfolgen könnte. Offensichtlich wird Interaktionsraum 3 durch Netzwerkzentralität abgedeckt.

Dieses Modell nimmt einen jeweils festen Standpunkt ein. Einerseits kann ein Zentralort Teil der Peripherie eines anderen Zentralortes sein. Andererseits kann ein Zentralort im Territorium eines übergeordneten Zentralortes liegen. Das Drei-Zonen-Modell ist damit nicht in der Lage das gesamte Siedlungssystem darzustellen, charakterisiert die Interaktionen eines Ortes jedoch recht gut. Insbesondere stellt es die Komplementarität von Christaller- und Netzwerkzentralität anschaulich dar. Dieses Basismodell lässt sich durch Modelle spezifischer Komponenten der räumlichen Organisationsstruktur im Sinne paralleler Raumstrukturen überlagern.

16.2 Prozesse der Zentralisierung

Zentralisierung ist ein Prozess, der die Phasen Initialisierung, Erweiterung, Konsolidierung und Niedergang umfasst. In jeder Phase laufen spezifische Vorgänge ab und spielen bestimmte Faktoren eine Rolle.

16.2.1 Initialisierung von Zentralität

Die Entstehung von Zentralorten erfordert einen Impuls beziehungsweise eine Initialisierung. Hierbei werden die Ansätze der Beziehungsstrukturen geschaffen, die die Zentralität eines Ortes bewirken. Wie wirkungsvoll diese Impulse sind, hängt von der Situation anderer Orte und des gesamten Siedlungssystems ab. Die Initialisierung von Zentralität kann auf drei Phänomenen beruhen:

- Ballungsgebiete sind natürliche Kristallisationskerne der Zentralität. Führt naturräumliche Gunst oder andere Faktoren zu einer höheren Bevölkerungsdichte an einem Ort, so ist es naheliegend Interaktionen an diesem Ort durchzuführen, da Orts-synergien Transportkosten sparen. Ballungsräume beziehungsweise größere Siedlungen ziehen also gewissermaßen Interaktionen an und bewirken damit Zentralität.
- An einigen Orten ist es möglich zentrale Funktion zu erfüllen. Orte die über Rohstoffvorkommen verfügen oder an denen sich kulturrelevante Ereignisse ereignet haben, sind bevorzugte Interaktionsziele. Naturgemäß neigen diese Orte zum Ausbau der Erfüllung der zentralen Funktionen, da hiermit eine Profitmaximierung verbunden ist. In vielen Fällen steigt das Zentralitätspotential zu einem bestimmten Zeitpunkt stark an. Erst mit der Entwicklung der Metallurgie werden die Lagerstätten von Metallerzen relevant. Bei Kultstätten liegt oft zunächst ein Ereignis vor, wie ein Martyrium und anschließend, teilweise mit zeitlichem Versatz liegt ein Kontext vor, in dem diesem Ereignis eine besondere Bedeutung zukommt, etwa die Verbreitung der christliche Religion als Basis der Wertschätzung frühchristliche Märtyrer. Ein weiterer Effekt ist, dass die Bündelung von Transporten durch die Erfindung und Weiterentwicklung von Verkehrsmitteln (Wagen, Koggen, Dampfschiffe) und der Infrastruktur (Kanäle, Autobahnen) dazu führt Interaktionen auf weniger Orte zu konzentrieren. Einerseits sind einige Orte für die neue Technologie ungeeignet (Koggen können nicht in zu flachen Häfen anlanden) oder sie besitzen geringe Standortnachteile, die jedoch dazu führen, dass sie nicht zu den ausgewählten Orten des Hauptinteraktionsnetzes gehören.

- Verfügt ein Ort aufgrund struktureller oder arbiträrer Ursachen über mehr Kontakt zu seinem Umland als andere Orte, so ist auch hier ein Kristallisationskern für Zentralität gegeben. Aufgrund der Kontakte wird einerseits dieser Ort öfter auf der Basis beziehungsweise älterer Interaktionen als Interaktionspartner ausgewählt als andere und andererseits verspricht er gerade durch die Kontakte mehr Funktionen zu erfüllen als andere Orte, womit Ortssynergien verbunden sind. Oft sind es strukturelle Verkehrsknoten, die über den Vorteil erhöhter Kontakte verfügen und damit zu Kristallisationskern der Zentralität werden.

16.2.2 Ergänzung um weitere Funktionen

In der zweiten Phase kommen sekundäre zentrale Funktionen hinzu und bilden gegebenenfalls eigene Strukturen aus. Herrschaftszentren oder Produktionszentren können alleine durch die gegebene höhere Aktivität an diesem Ort eine Anziehungspunkt für Handel bilden. Andererseits können Restriktionen an einem Herrschaftssitz Handel eher auf einen anderen, möglicherweise aber assoziierten Ort verweisen. Schließlich können Handelszentren Herrschaft anziehen, da dort ein idealer Standort für Kontrollmaßnahmen ist.

Die Ergänzung kann auch innerhalb der Funktionen erfolgen. Ein spezialisiertes Handelszentrum kann den Handel mit weiteren Produkten aufnehmen. Hierzu können die Fokussierung des Verkehrssystems auf dieses Zentrum und der Ausbau der Infrastruktur beitragen. Lokale Handelszentren können geeignete Knoten in überregionalen Handelsnetzen sein und schließlich Christallerzentralität auf regionaler Ebene erlangen. Ebenso können sich unterschiedliche Produktionszweige ergänzen oder eine gemeinsame Infrastruktur nutzen.

Der wesentliche Aspekt der Ergänzung der zentralen Funktionen ist, dass die unterschiedlichen Funktionen gegenseitig ihr Zentralitätspotential beeinflussen. Dieses System von Wechselwirkungen besitzt zahlreiche Einflussfaktoren und sicher auch emergente Eigenschaften komplexer Systeme. Es ist somit nicht ganz einfach den Zustand derartiger Systeme bei der Veränderung einzelner Komponenten vorauszusagen.

16.2.3 Konsolidierung der Zentralität

Das in der Ergänzungsphase stattfindende ‚hochschaukeln‘ der Zentralität stößt an einem bestimmten Punkt auf Beschränkungen. Das Zentralitätspotential eines Ortes nimmt mit einem Kristallisationskern der Zentralität zu, so dass weitere Interaktionen angezogen und zentrale Funktionen erfüllt werden. Die Geschwindigkeit des Wachstums beziehungsweise der Zunahme der Zentralität steigt an, bis höhere Zentralität nicht mehr oder in geringerem Maße zu einem erhöhten Zentralitätspotential führt. Ir-

gendwann nimmt das Zentralitätspotential wieder ab. Im Idealfall können sich Zentralität und Zentralitätspotential um einen Maximalwert einpendeln. In manchen Fällen, so etwa bei wachstumsdependenten Systemen, führt das Erreichen des Schwellenwertes zum Übergang zur Niedergangphase.

Die limitierenden Faktoren können unterschiedlicher Natur sein. So kann die Versorgung des Zentralortes aus der Umgebung ab einer bestimmten Größe nicht mehr sicher gestellt werden. In diesem Moment ist es entscheidend, ob die Versorgung zu akzeptablen Kosten über das Netzwerk zu ferneren Orten erfolgen kann. Dieses System ist naturgemäß sehr anfällig für Störungen. Auch topographische Gegebenheiten können Einschränkungen darstellen. Die räumliche Ausbreitung eines zentralen Ortes kann durch Gebirge und ähnliches begrenzt sein.

16.2.4 Niedergang der Zentralorte

In der Niedergangphase verschwinden die Voraussetzungen der Zentralität. So können Verkehrswege umgeleitet werden und damit Verkehrsknoten an Bedeutung verlieren. Innovationen können bestimmte Produktionszweige obsolet werden lassen oder Rohstoffvorkommen können erschöpft sein. Hierbei ist zu unterscheiden, ob kurzzeitige Störungen auftreten (Katastrophen) oder die Rahmenbedingungen sich langfristig ändern. Langfristige Änderungen der Rahmenbedingungen führen sicher zu einer Zentralitätsänderung. Kurzzeitige Störungen hingegen können überbrückt werden, können aber auch zum gänzlichen Zusammenbruch instabiler Systeme führen.

16.3 Rahmenbedingungen für Zentralität

Aus dem zuvor Gesagtem wird deutlich, dass Zentralität von vielen Faktoren abhängt. Die Haupteinflussfaktoren auf die Entwicklung von Zentralorten sollen kurz zusammengefasst werden. Zunächst ist die funktionale und strukturelle Komplementarität zu nennen. Die zentralen Funktionen und die unterschiedlichen Organisationsstrukturen bilden ein komplexes System, in dem sich viele Komponenten gegenseitig ergänzen. Die Zentralität basiert einerseits auf unterschiedlichen Aspekten der Standortgunst und andererseits auf Impulsen und Persistenz. Während Standortvorteile ein dauerhaft erhöhtes Zentralitätspotential bewirkt, liefern Impulse eine kurzfristige Erhöhung, die jedoch als Kristallisationskern ausreichen kann. Die Persistenz des Systems ist einerseits darin begründet, dass Zentralorte ein erhöhtes Zentralitätspotential aufweisen und andererseits darin, dass die Änderung von Organisationsstrukturen mit Kosten verbunden ist, also grundsätzlich vermieden wird.

Die Standortvorteile können wir anhand ihrer Ursache in drei Klassen unterteilen:

1. *Naturräumliche Standortvorteile* leiten sich aus gegebenen Eigenschaften des Naturraums ab. Klima, Böden und Rohstoffe können hier als klassische Beispiele angeführt werden. Sowohl der Naturraum, wie auch seine Relevanz können sich ändern. Gegebene Naturraumfaktoren haben aber tendenziell eine lange Wirksamkeit und können Grundlage einer langfristigen Planung sein.
2. *Strukturelle Standortvorteile* sind auf die Gestaltung beziehungsweise Umgestaltung der Siedlungsstruktur und zugeordneter Parameter zurückzuführen. Zu denken ist hier an den Aus- und Umbau des Verkehrssystems, der Verkehrsknoten schafft und auslöscht. Strukturelle Faktoren hängen von der Geschwindigkeit des Wandels der Siedlungsstruktur ab und besitzen damit tendenziell eine mittelfristige Wirksamkeit und können dementsprechend in mittelfristige Planungen einfließen.
3. *Arbiträre Standortvorteile* ergeben sich aus zufälligen Ereignissen, die nicht vorhergesehen werden können. Das Martyrium, das die Grundlage eines Heiligenkultes bildet ist hier ebenso zu nennen wie eine Katastrophe, die einen Konkurrenten heimsucht. Arbiträre Standortvorteile können nicht im Voraus geplant werden. Sie können erst nach Eintreten des Ereignisses in die Planung einfließen.

Weiterhin sind die Voraussetzungen der Zentralität zu bedenken. Zentralorte können nur unter bestimmten Voraussetzungen entstehen.

1. Zunächst muss grundsätzlich ein *Interaktionsinteresse* gegeben sein. Liegt kein Interaktionsinteresse vor, so kann auch kein Ort mehr Interaktionsbeziehungen aufbauen als andere Orte. Zentralität kann somit nicht existieren.
2. Zudem muss ein *Kristallisationspunkt* existieren, der einen bestimmten Ort zum Ziel von Interaktionsverbindungen macht und ihn gegenüber anderen Orten präferiert. Wenn dieser Kristallisationspunkt vorhanden ist, der das Zentralitätspotential des Ortes über die Standortvorteile hinaus steigert, kann im Wechselspiel zwischen steigender Zentralität und steigendem Zentralitätspotential schnell ein Zentralort entstehen.
3. Es dürfen *keine Konkurrenten* existieren oder es muss zumindest am Standort ein hinreichender Persistenzvorteil gegeben sein. Standortvorteile alleine reichen nicht aus, wenn ein Konkurrent ein höheres Zentralitätspotential aufweisen kann. Besitzt ein Konkurrent ein höheres Zentralitätspotential, so wird ein einmal begonnener Zentralisierungsprozess stagnieren und die Zentralität, die mit dem am Ort gegebenen Zentralitätspotential korrespondiert nicht erreicht.

4. Schließlich muss die *Versorgung aus dem Umland* oder mit Hilfe der Interaktionspartner erfolgen können. Lässt sich ein zentraler Ort nicht hinreichend versorgen, so können die zentralen Funktionen nicht in entsprechendem Umfang erfüllt werden.

Zur Bewertung der Organisationsstrukturen können intrafunktionale oder transfunktionale Synergien und Stabilität beziehungsweise Krisenresistenz der Strukturen dienen. Die Strukturen sind dann gut, wenn sie zu vielen Synergien führen und eine geringe Krisenanfälligkeit besitzen.

16.4 Stabilität von Zentralität

Stabilität ist ein wichtiger Gesichtspunkt zentraler Orte, da er über ihre Dauerhaftigkeit entscheidet. Stabilität ist gegeben, wenn die Versorgung der zusätzlichen Bevölkerung gesichert ist, ein nicht abnehmendes Interaktionsinteresse der Partner vorhanden ist und die zentralen Funktionen erfüllt werden können. Hierbei sind Schwellenwerte zu beachten. Führen beispielsweise schlechte Wetterbedingungen zu Ernteaussfällen, so ist entscheidend, ob die geringeren Erträge unter den Wert sinken, der zur Funktionsfähigkeit des Systems erforderlich ist. Oft wird es so sein, dass Zentralorte, die in guten naturräumlichen Bedingungen liegen, auch bei Ernteaussfällen noch hinreichend versorgt werden können. In ungünstigen Naturräumen wird der Schwellenwert schneller unterschritten. Entscheidend ist jedoch immer, wie intensiv der Naturraum vor der Krise genutzt wurde.

Krisenstabilität basiert grundsätzlich auf Mechanismen, die zur Pufferung von Kriseneffekten führen, beziehungsweise genutzt werden können:

1. Die Kombination unterschiedlicher zentraler Funktionen führt zu einer geringeren Abhängigkeit von einzelnen Funktionen. So können Einbrüche in der Produktion durch Versorgungsstörungen durch die Aufrechterhaltung oder Ausweitung anderer Funktionen, wie des Handels kompensiert werden.
2. Die Kombination unterschiedlicher Organisationsstrukturen ermöglicht es die Folgen lokaler oder regionaler Krisen zu mindern. So ist es oft günstig, wenn die christallersche Komponente die Versorgung sichert und die Netzwerkkomponente die weiteren Interaktionen sowie den Nachschub an Importen und in Notfällen an Nahrungsmitteln sicherstellt.
3. Die Nutzung unterschiedlicher Naturräume im Territorium ermöglicht es partielle Krisen abzuf puffern. Wetterbedingte Ernteaussfälle können sich regional kompen-

sieren oder Einbußen im Ackerbau können konstante Erträge in der Viehzucht gegenübergestellt werden.

4. Die Balance zwischen Statik und Dynamik variiert die Reaktion auf Krisen aus. Anpassung auf Störungen können ebenso zu Überreaktionen wie zu unzureichenden Kompensation führen. In beiden Extremfällen ist die Stabilität des Systems bedroht. Wird eine temporäre Krise durch drastische Einschränkung der zentralen Funktionen kompensiert, so kann eine Abwärtsspirale eingeleitet werden. Entsprechendes tritt ein, wenn auf eine dauerhafte Änderung des Zentralitätspotentiales, wie der Erschöpfung von Bodenschätzen nicht reagiert wird.

Die Fallbeispiele erstrecken sich überwiegend auf eine moderate Stabilität. Die Orte halten ihre Zentralität über eine Epoche hinweg. Gelegentlich sind es nur kurze Phasen, in denen ein höheres Zentralitätsniveau erreicht werden kann. Stabile Zentralorte hingegen, die dauerhaft eine hohe Zentralität aufweisen, sind selten. Alleine langfristige naturräumliche Standortvorteile führen selten zu stabilen Zentralorten, sie sind aber eine Voraussetzung für diese. Hinzu müssen auch Faktoren berücksichtigt werden, die in der Regel mittelfristig wirksam sind.

16.5 Handlungsleitende Aspekte

Zum Abschluss sollen einige der bislang untersuchten Aspekte unter einem praktischen Gesichtspunkt betrachtet werden. Es geht darum, wie sich Individuen und Institutionen verhalten und welche Implikationen das für die Zentralität hat. Wir unterscheiden hierbei zunächst verschiedene Standpunkte. Als ersten nehmen wir die Rolle eines Anbieters zentraler Funktionen ein, also beispielsweise eines Produzenten. Anschließend sehen wir die Zusammenhänge aus Sicht des Konsumenten, um schließlich die Rolle einer administrativen Einheit, die für die Siedlungsstrukturen zuständig ist, einzunehmen.

Weitere Differenzierungen ergeben sich aus der Berücksichtigung unterschiedlicher Arten der Zentralität. Neben dem klassischen Fall räumlicher Zentralität betrachten wir eine zeitliche Variante, soziale Zentralität und kulturelle Zentralität. Durch den gezielten Wechsel der Perspektive in diesem Abschnitt können wir einzelne Facetten von Zentralität näher beleuchten und ein tieferes Verständnis der Zusammenhänge erlangen. Darüber deutet sich an, dass eine verallgemeinerte Zentralitätstheorie auch heute noch sinnvoll zur Planung eingesetzt werden kann. Einen Leitfaden zur Stadtplanung unter Berücksichtigung der Zentralität oder ähnliches können wir hier allerdings nicht liefern.

16.5.1 Zentrale Funktionen anbietender Interaktionspartner

Hier nehmen wir die Rolle des Anbieters zentraler Funktionen ein. Es kann sich dabei beispielsweise um zentrale Produktion, den Handel mit importierten Gütern oder auch um religiöse Aufgaben oder Herrschaft handeln. Das charakteristische an dieser Rolle ist, dass im Modell ein Anbieter mehreren Konsumenten – um in der anschaulichen ökonomischen Terminologie verhaftet zu bleiben – gegenübersteht. Wir betrachten zu nächst den klassischen Fall der räumlichen Zentralität etwas ausführlicher.

Räumliche Zentralität

Der wichtigste Punkt ist natürlich die Klärung der relevanten Parameter. Welche Rolle spielt die Distanz zu den Interaktionspartnern? Als Produzent eines Gutes ist dieser Parameter für mich grundsätzlich wichtig, denn gleich ob ich das Produkt ausliefere oder der Kunde meine zentrale Verkaufsstelle aufsucht, immer haben die Transportkosten einen Einfluss auf die Interaktionsentscheidung. Wichtig ist es allerdings zu wissen, in welchem Verhältnis die Transportkosten zu anderen Kosten, wie den Zugangskosten, stehen. Sind beispielsweise Zölle oder Bestechungsgelder relativ hoch, so ist deren räumliche Verteilung der maßgebliche Parameter und nicht die Transportkosten.

Dann ist es natürlich wichtig zu wissen, ob Synergien erzielt werden können. Kann der Kunde, wenn er meine zentrale Verkaufsstelle besucht auch andere Aufgaben erledigen? Können meine Güter gemeinsam mit anderen Gütern transportiert werden, so dass kostengünstigere Transporte entstehen. Anstatt dass jeder Produzent alle Kunden selbst besucht, können wir den Vertrieb genossenschaftlich organisieren oder einen zentralen Markt einführen.

Die Synergien werfen auch eine andere Frage auf. Ist es immer vorteilhaft dem Kunden mehrere Produkte an einem Ort anzubieten? Kann hierdurch nicht auch eine Konkurrenz entstehen. Der Kunde verfügt über ein gegebenes Budget. Wenn er zwei unterschiedliche Produkte erwirbt, dann kann er nicht für sein ganzes Vermögen unser Produkt kaufen. Hier spielen Substitutivität und Komplementarität der Güter eine Rolle.

Eine direkte Konkurrenz besteht mit Produzenten gleicher Güter. Diese ist wesentlich größer als bei substitutiven und komplementären Gütern, da einem vollständigem Ersatz prinzipiell nichts entgegensteht. Gleichartige Güter werden grundsätzlich beim günstigsten Anbieter erworben. Hier zählt nicht nur der absolute Preis. Zunächst muss ich überzeugt sein, dass die Güter gleich sind. Wenn ich glaube, dass der dritte Stand wesentlich bessere Möhren auf dem Wochenmarkt verkauft als der erste, dann lasse ich mich auch nicht durch den höheren Preis abschrecken. Aber ich könnte den zweiten Stand wählen, der noch teurer als der dritte Stand ist, aber genau so gute Ware hat und darüber hinaus keine lange Schlange, an der ich anstehen muss, denn meine Zeit ist

kosbar. Andererseits könnte mich der Wunsch nach sozialem Kontakt oder Solidarität zum ersten Stand ziehen, wo mein alter Freund aus Kindertagen verkauft. Alle diese Aspekte können letztlich in unsere virtuellen Kosten eingehen. Ähnliches gilt auch für andere Szenarien. Geht es um Herrschaft, so können Distanzen vom Herrschaftszentrum zu den beherrschten Orten bedeutsam sein, wenn es um die lokale Durchführung von Repressionsmaßnahmen geht. Grundsätzlich jedoch werden wir keine geschlossenen beherrschten Gebiete mit dem Herrschaftssitz in der Mitte voraussetzen können. Territorialherrschaft ist nicht selbstverständlich. Auch netzwerkbasierte Herrschaftsmodelle sind möglich. Sie sind insbesondere dann funktionsfähig, wenn die Bindung der Beherrschten an den Herrscher stark ist. Grenznahe Regionen, die im Laufe der Geschichte ihre Zugehörigkeit mehrfach wechselten, zeigen mitunter, dass Loyalität der einzelnen Orte ein sehr heterogenes Bild ergeben.

Haben wir uns Klarheit über die relevanten Parameter verschafft, können wir mit der Entscheidungsfindung beginnen. Die wesentliche Entscheidung, die ich als Anbieter treffen muss ist, wo mein Zentrum liegen soll. Hierbei können wir einige Faustregeln beachten.

Zunächst gilt natürlich ganz im christallerschen Sinne, dass dann, wenn Distanzen beziehungsweise Transportkosten der dominanten Einflussfaktor sind, das Siedlungssystem distanzoptimiert sein soll. Die Summe der Interaktionsdistanzen beziehungsweise Transportkosten soll minimal sein. Ohne diesen Wert exakt ausrechnen zu müssen, sind wir sicher gut beraten, unseren Standort in Dichtezentren, oder bei einer Siedlungsgleichverteilung in der Mitte zu wählen. Sind die Distanzen hingegen von untergeordneter Bedeutung, gilt es, einen strategisch günstigen Standort im gegebenen Verkehrsnetzwerk zu wählen. Auch hier werden wir vermutlich nicht die Zentralitätsindizes für alle Orte berechnen, sondern Orte wählen, die möglichst viele und weite Verbindungen besitzen oder auch Orte auswählen, die einen exklusiven Kontakt zwischen zwei Regionen ermöglichen. Für die Produktion ist sicher ein Ort mit zahlreichen Verbindungen die beste Wahl, während Handel auch eine Gatewaysituation bevorzugen kann, in der vor allem Kontrolle gegeben ist.

Im nächsten Schritt des Entscheidungsprozesses sollte geprüft werden, ob Synergien erzielt werden können. Kann mein Kunde auch andere Aufgaben erledigen, wenn er meine Produktions- oder Verkaufsstätte aufsucht? Kann ich direkt an meinem Herrschaftssitz wichtige Einrichtungen kontrollieren? Kann ich durch Bündelung der Transporte Kosten sparen? Hier ist die Maxime: Nutze existierende Zentren! Dort, wo schon zentrale Funktionen erfüllt werden, ist es am wahrscheinlichsten Synergien zu erzielen. Natürlich gilt es zu prüfen, ob ich an diesem Ort durch Konkurrenten Nachteile erfahre. Grundsätzlich gilt: Meide Konkurrenten und maximiere den Abstand zu ihnen! Die Vorteile durch Synergien können jedoch die Nachteile durch Konkurrenten überwiegen. Nur deshalb ist verständlich, warum in Städten beispielsweise Industriegebiete mit

gleichartigen Betrieben existieren können. Dies führt zur eng mit den Synergien verwobenen Maxime: Nutze parallele Strukturen! Aber hier können wir noch einen Schritt weitergehen. Durch die gemeinsame Nutzung von beispielsweise Vertriebseinrichtungen können Betriebe profitieren. Hierdurch werden einerseits Kosten für das einzelne Unternehmen minimiert, andererseits aber vor allem Stabilität erzielt, denn die Infrastruktur bricht nicht zusammen, wenn ein Unternehmen in einer Krise steckt. Nach Überwindung der Krise kann wieder darauf zurückgegriffen werden. Dieses Argument ist zweifellos ein sehr wichtiger Grund zur Zentrenbildung, der weit über die Kostenersparnis hinausgeht.

Schließlich gilt zu beachten, dass wir uns Änderungen anpassen müssen. Unser Verhalten muss so träge sein, dass die Strukturen, in die wir eingebunden sind, nicht unmittelbar nach der Veränderung der natürlichen oder kulturellen Rahmenbedingungen zusammenbricht. Andererseits müssen wir so flexibel sein, dass wir uns dauerhaften Änderungen der Rahmenbedingungen anpassen können.

Aus Sicht des Anbieters zentraler Funktionen gilt es also zahlreiche Dinge zu beachten. Wenngleich es immer die gleichen Gesichtspunkte sind, die berücksichtigt werden müssen, so kann sich ihre Ausprägung und damit die Schlussfolgerung von Fall zu Fall unterscheiden.

Zeitliche Zentralität

Was ist unter zeitlicher Zentralität zu verstehen? Wir betrachten hierbei anstatt der räumlichen Koordinaten lediglich die Zeitkoordinate. Zeitliche Zentralität bedeutet dementsprechend eine relative Konzentration der Interaktion auf ein Zeitintervall. Diese Sichtweise unterstützt und ergänzt die räumliche Sicht auf Zentralität. Die Frage nach den Distanzen stellt sich hier nicht. Es kann jedoch Schwankungen in den Zugangskosten geben, die entscheidungsrelevant sind. So werden viele Interaktionen auf die Tagesstunden beschränkt und es wird beispielsweise schwierig sein, einen Kunden um 03:00 Uhr morgens zum Marktplatz zu locken. Wir können also verschiedene ‚branchentypische‘ Zeitfenster für Interaktionen feststellen, deren Nichtbeachtung mit hohen Kosten, natürlich wieder in einem abstraktem Sinne, verbunden ist.

Wichtig ist vor allem die Frage nach Synergien und Konkurrenten. Die kulturelle Konvention von Ladenöffnungszeiten am Tage sind eine Form der Synergie, da der Kunde so erwarten kann, zu bestimmten Zeiten alle Geschäfte geöffnet zu finden. Gleiches gilt für Behördengänge. Konkurrenten sind in dieser Sicht weniger Anbieter gleicher zentraler Funktionen, als Konkurrenten um die Zeit des Konsumenten. Während bedeutender Fußballspiele verzeichnen Geschäfte einen geringeren Umsatz. Entsprechendes gilt traditionell für die Zeit des Kirchganges.

Auch hier lassen sich wieder einige Faustregeln aufstellen. Nutze gegebene Konzentrationen, also öffne dein Geschäft, wenn die anderen es auch tun. Meide Konkurrenten, also öffne dein Geschäft nicht nur in den Stunden, in denen die Kunden wichtigeres vor haben. Stabilisiere das System durch regelhafte Zeitstrukturen wie Öffnungszeiten. Und passe dich schließlich zeitlichen Veränderungen an.

Aus moderner Sicht für den Tagesablauf formuliert wirken diese zeitlichen Aspekte wenig anwendbar auf die Archäologie. Wenden wir jedoch eine andere Skalierung an, dann wird der Nutzen deutlich. Zu denken ist hier etwa an Saisonalität. Jahrmärkte, saisonale Handelsplätze und politische und religiöse Zusammenkünfte zu bestimmten Zeiten sind in gewisser Weise Ausdruck zeitlicher Zentralität.

Soziale Zentralität

Mit der sozialen Zentralität betreten wir ein ganz anderes Themenfeld und wenden geographische Konzepte auf soziale Sachverhalte an. Auch das ist als Ergänzung zur räumlichen Sicht zu sehen, da Siedlungsstruktur und soziale Ordnung durchaus nicht unabhängig sind. Keinesfalls soll eine soziale Zentralitätstheorie angeregt werden, die andere Ausgangspunkte haben müsste. Wir stellen die gleichen Fragen wie zuvor. Welche Rolle spielt die soziale Distanz. Ist sie groß, so wird eine ausgeprägte soziale Hierarchie eine gute Organisationsform sein. Andernfalls ist eher an Netzwerkstrukturen zu denken. Ebenso wichtig ist der Aspekt der sozialen Zugangskosten. Wie schwierig ist die Durchführung einer sozialen Interaktion. Können Synergien erzielt werden? Interessengemeinschaften und Parteien belegen dass Synergien möglich sind.

Auch unsere Faustregeln sind wieder die gleichen. Wenn soziale Distanzen wichtig sind, dann ist es am sinnvollsten sich mit seinem Funktionsangebot an eine hochgestellte Person zu wenden – ein keinesfalls neuer Sachverhalt. Bei einer geringen Bedeutung sozialer Distanzen wird man hingegen die Person auswählen, die die meisten Kontakte hat. Es ist natürlich auch selbstverständlich, dass man sich mit Gleichgesinnten zusammen tut, um Ziele zu erreichen. Andererseits sind Konkurrenten zu meiden. Konkurriert man um Herrschaft steht das Meiden des Konkurrenten vermutlich eher im Vordergrund als bei dem Werben um die Gunst des Kunden. Das Nutzen paralleler Strukturen ist auch im sozialen Kontext eine gängige Technik. So können Interessengruppen mitunter so manipuliert werden, dass sie die eigenen Ziele unterstützen.

Einige der Aspekte sozialer Zentralität haben auch räumliche Implikationen. So muss auch das Nutzen sozialer Synergien räumlich und zeitlich synchronisiert sein, um Wirkung zeigen zu können. Aber auch das Meiden des Konkurrenten wird oft am besten durch räumliche Distanz realisiert.

Kulturelle Zentralität

Kulturelle Zentralität bezieht sich auf das Kulturkonzept Hansens, das schon oben angesprochen wurde.²⁶⁶ Für ihn gilt *Kultur umfasst Standardisierungen, die in Kollektiven gelten*. Dieser Begriff ist zum einen durch die Interaktion, welche die Geltung der Standardisierungen bewirkt mit dem Zentralitätsbegriff verbunden. Andererseits können wir von kultureller Zentralität dann sprechen, wenn wir eine relative Konzentration an Standardisierungen antreffen. Der geringe Unterschied zur Definition der räumlichen Zentralität ist offensichtlich. Die kulturelle Zentralität ist demnach etwas, was uns einen leicht abweichenden Standpunkt bezüglich der Zentralität gewährt und damit sozusagen mehr Perspektive im Blick auf Zentralität ermöglicht.

Die Frage nach kulturellen Distanzen ähnelt jener nach sozialen Distanzen. Kulturelle Distanzen hemmen die Interaktion. Hier ist die entscheidende Frage, wie kulturelle Unterschiede im Raum verteilt sind. Dominieren räumliche kulturelle Gruppen, so ist das christallersche Modell eine gute Wahl, während heterogene Verteilungen eher eine Netzwerkorganisation nützlich erscheinen lassen. Synergien sind möglich, wenn die kulturelle Transmission sich auf komplexe kultureller Inhalte anstatt auf einzelne Kulturelemente bezieht. Das entspricht auch der Nutzung paralleler Strukturen und ist somit stabilisierend. Hierbei gehen wir von komplementären Kulturelementen aus, die sich zu einem Komplex zusammenschließen. Für Konkurrenten gilt, dass die räumliche und zeitliche Distanz zu maximieren ist.

16.5.2 Zentrale Funktionen konsumierender Interaktionspartner

Nun wollen wir die Perspektive des Konsumenten einnehmen. Hierbei trennen wir nicht mehr zwischen räumlicher, zeitlicher, sozialer und kultureller Zentralität, denn viele Wiederholungen wären die Folge und die Zusammenhänge würden nicht deutlich, als im vorangegangenen Abschnitt.

Der Konsument stellt sich im Wesentlichen die gleichen Fragen wie der Anbieter zentraler Funktionen. Welche Rolle spielt für den Konsumenten die Distanz und welche Zugangskosten gibt es auf Anbieterseite? Können Synergien erzielt werden und gibt es Konkurrenten? Grundsätzlich wünschen wir natürlich auch als Konsumenten die Distanzen zum Anbieter zu verringern. Unser Standort sollte also möglichst Nahe an den Anbietern liegen, mit denen ich oft interagieren beziehungsweise deren Angebot ich oft nutze. Das gilt insbesondere für Anbieter mit geringen Zugangskosten. Synergien können erzielt werden, wenn viele Bedürfnisse nach zentralen Funktionen an einem Ort befriedigt werden können, da sich die Transportkosten auf die Einzelinteraktionen verteilen lassen – jedenfalls teilweise. Wir nutzen also Zentren. Aber wie steht es mit

266 K. P. Hansen 2003; K. P. Hansen 2009.

Konkurrenten? Diese sind in zweierlei Hinsicht eine Gefahr. Zunächst können wir um sehr beschränkte Ressourcen konkurrieren, womit mein Konkurrent, wenn er erfolgreich ist meinen Erfolg verhindern kann. Zudem wird aber auch der Preis am Markt durch Nachfrage reguliert. Viele Konkurrenten um ein Gut treiben damit den Preis in die Höhe. In beiden Fällen ist die Distanz zum Konkurrenten nur indirekt relevant. Vielmehr gilt es die Interaktionspartner zu finden, mit denen möglichst wenige Konkurrenten interagieren. Aber auch hier muss das Meiden des Konkurrenten mit möglichen Synergien abgewogen werden. Die gemeinsame Durchführung von Transporten kann enorme Kostenersparnisse, Sicherheit und Stabilität erbringen. Aber auch an das gemeinsame Aushandeln von Preisen ist zu denken. In diesem Fall wird die Konkurrenzsituation invertiert. Im Sinne der Stabilität gilt es auch auf bewährte Anbieter zu setzen, womit wir ebenfalls auf Zentren zurückgreifen. Schließlich ist zu bedenken, dass ich auch als Konsument auf Veränderungen reagieren sollte, mit einer gewissen Trägheit um Stabilität zu gewährleisten.

16.5.3 Siedlungsstrukturen administrierende Einheiten

Schließlich nehmen wir die Rolle des Planers ein, der es in der Hand hat Siedlungsstrukturen zu schaffen oder zu verändern. Hier haben wir natürlich das Gesamtsystem im Blick. Prinzipiell interessieren wir uns für ein System, das kostenoptimiert und stabil ist. Hinzu kommt noch ein besonderer Aspekt dieser Perspektive, wir wünschen, dass ein gewisser Grad an Kontrolle möglichst kostengünstig zu gewährleisten ist. Dieses Kontrollmaß hängt gewissermaßen von dem Vertrauen ab, dass ich in die anderen Akteure setze. Glaube ich, dass die Steuern ehrlich entrichtet werden, nicht geschmuggelt wird und keine Übergriffe stattfinden, so ist eine geringe Kontrolle notwendig. Wir sehen also, dass der planerische Aspekt in der Praxis nicht unabhängig von der zentralen Funktion der Herrschaft zu betrachten ist. Nehmen wir alle diese Gesichtspunkte zusammen, hat der Planer ein großes Interesse an Zentren. Hierdurch sind geringe Kontrollkosten aufgrund der Siedlungskonzentrationen gegeben, aber auch die Summe der Interaktionskosten wird im Allgemeinen eher gering sein.

Der Gegensatz von Christaller- und Netzwerkzentralität ist besonders aus planerischer Sicht wichtig, da wir es hier in der Hand haben, bewusst zwischen diesen Varianten zu entscheiden. Ist die Distanz, also sind die Transportkosten von großer Bedeutung, so können wir das System durch Zusammenlegung der Transporte optimieren, was zur iterativen Ansiedlung der Anbieter in Ballungsräumen und möglichst vieler Konsumenten in ihrer Nähe führt. Für Funktionen und Güter, für die das nicht der Fall ist, etwa Importgüter, sollen Anbieter an strukturell begünstigten Netzwerkknoten angesiedelt werden. Die Verortung der Konsumenten hingegen sollte sich an Anbietern von Gütern orientieren, für die Distanz relevant ist. Beachten wir nun noch, dass es zwischen den

Netzwerkzentren und Christallerzentren zu Synergien kommen kann, so ist auch hier Nähe oder Lokalisierung an einem Ort sinnvoll, wenn keine anderen Faktoren dem entgegenstehen. Hiermit haben wir schon das Themenfeld der parallelen Strukturen betreten. Gerade der Planer wird auf mehrfach verwendbare Strukturen bedacht sein, so etwa auf ein entsprechendes Verkehrssystem, um redundante Kosten für die Infrastruktur zu sparen. Hinsichtlich der Infrastrukturkosten wird das Verkehrssystem so gestaltet sein, dass nicht alle Orte mit kürzesten Verbindungen verbunden sind, sondern als Netzwerke, in denen die Gesamtlänge der Wege möglichst gering ist. In der Praxis ist also wieder zwischen Summe der Transportkosten und den Kosten für Bau und Unterhaltung der Infrastruktur abzuwägen. Solche Abwägungen haben wir nun schon mehrfach angesprochen. Derartige Entscheidungsprozesse sind etwa aus der Betriebswirtschaftslehre wohlbekannt.

16.6 Ergebnis

Die extreme Heterogenität der Topoi-A1-Projekte erlaubt mit ihrer großen Bandbreite unterschiedlicher Rahmenbedingungen und Strukturen eine fundierte Analyse der Entstehungs- und Entwicklungsbedingungen zentraler Orte. Die Fragen, unter welchen Bedingungen Zentralorte entstehen und was zu ihrer weiteren Expansion beziehungsweise zu ihrem Untergang führte, sollte beleuchtet werden. Hierbei stand die Wechselwirkung der zentralen Orte mit ihrem Umland und insbesondere den naturräumlichen Umweltparametern im Vordergrund. Zur Durchführung der Projektsynthese wurde zunächst die Theorie zentraler Orte optimiert, wobei das christallersche Konzept und netzwerktheoretische Ansätze integriert werden konnten.

Die Ergebnisse sollen kurz zusammengefasst werden. Zunächst konnte der Forschungsschwerpunkt ‚Zentrale Orte‘ bestätigt werden, da diese Orte für die archäologische, historische und geographische Forschung sehr bedeutsam sind. Zentrale Orte sind zugleich Impulsgeber für ihr Umland und sensibler Sensor für Entwicklungen im Umland. Die Untersuchung machte zudem deutlich, dass zentrale Orte ihre emergente Entstehung zahlreichen Einzelentscheidungen verdanken oder auf einen Planungsprozess zurückzuführen sind. Beides ist an Kostenersparnis in einem abstrakten Sinn orientiert. Die Kostenersparnis wird insbesondere durch Synergien erzielt. In der Praxis haben sich zentrale Orte vielfach nicht nur aufgrund der Kostenersparnis, sondern vor allem aufgrund der Stabilität ihrer Strukturen bewährt. Die Bündelung von Funktionen und Transporten, bei der Krisen einzelner Partizipanten gut aufgefangen werden können, sind Hauptursache der Stabilität.

Als wichtig hat sich die Unterscheidung von Zentralitätspotential, also der maximal erzielbaren Zentralität und realer Zentralität, erwiesen. Faktoren, die das Zentrali-

tätspotential beeinflussen, sind Naturraumgunst, kulturelle Verhältnisse und Siedlungsstruktur. Die Entstehung zentraler Orte benötigt einen Kristallisationspunkt. Zentralitätspotential und Initialisierung bestimmen gemeinsam die frühe Entwicklung von Zentralorten. Ebenso wie die Initiation kann auch die Variation des Zentralitätspotentials arbiträren Einflüssen unterlegen sein. Dieser Fall tritt verhältnismäßig oft auf und macht eine Prädiktion der Zentralortentstehung und -entwicklung schwierig, obgleich existierende Zentrale Orte sich gut erklären lassen. Die Reaktion der Zentralität auf Änderungen der Rahmenbedingungen und insbesondere auf kurzfristige und unvorhergesehene Störungen hängt wesentlich von der Stabilität ab.

Ein wichtiger Faktor, der massive Änderungen der Rahmenbedingungen und des Zentralitätspotentials hervorrufen kann, sind Innovationen. Anthropogen, aber oft nicht geplant, anhand verschiedener Parameter erklärbar, aber schwer präzifizierbar sind sie ein Größe, die sich in großräumige diachrone Prozesse einordnet, aber voller Individualität unwägbare bleibt. Nicht zuletzt zum Verständnis der scheinbar arbiträren Zentralitätskomponente wäre eine bessere Kenntnis von Innovationen und ihrer Ausbreitung wünschenswert.

Anhang

A Zusammenfassungen in Deutsch und Englisch

Zusammenfassung

Diese Arbeit ist der Synthese der Topoi Projekte gewidmet, die sich mit Zentralorten beschäftigt. Die große Heterogenität dieser Zentralorte erfordert im gleichen Maße geeignete theoretische und methodische Grundlagen, wie sie eine ideale Basis bildet diese zu entwickeln. Den Schwerpunkt bildet dementsprechend eine Modifikation und Erweiterung der Theorie zentraler Orte. Zunächst werden auf der Basis einer forschungsgeschichtlichen Übersicht das Potential und die Probleme dieser Theorie erarbeitet. Im nächsten Schritt werden, beginnend mit der Definition von Zentralität Modifikationen vorgenommen und Erweiterungen eingebracht. Hierbei werden zahlreiche Facetten von Zentralität besprochen und vielfältige Zusammenhänge aufgezeigt. Die Besprechung eines breiten Methodenspektrums schließt hieran an und greift über die Anwendung auf die Topoi-Projekte hinaus. Diese Projekte werden schließlich zusammenfassend ausgewertet. Dabei werden die umfangreichen Informationen stark zusammengefasst und abstrahiert und komprimiert graphisch dargestellt. Abschließend folgt eine Synthese der Einzelergebnisse die gleichermaßen zu einem besseren Verständnis von Zentralität führt wie auch neue Forschungsfragen aufwirft, beziehungsweise die Forschung auf wesentliche Punkte fokussieren hilft.

Die zentralörtliche Theorie wurde von dem Geographen Walter Christaller mit seiner 1933 publizierte Dissertation *Die Zentralen Orte in Süddeutschland* begründet. Er definiert Zentralität folgendermaßen:

Wir wollen in diesem Sinne kurzweg von der ‚Zentralität‘ eines Ortes sprechen und verstehen darunter die relative Bedeutung eines Ortes in bezug auf das ihn umgebende Gebiet, oder den Grad, in dem die Stadt zentrale Funktionen ausübt.²⁶⁷

und führt näher aus, was er unter relativer Bedeutung versteht:

Die Stadt hat eine Gesamtbedeutung B , davon entfällt B_z auf die eigene Bevölkerung, die Differenz $B - B_z$, der Bedeutungsüberschuß, auf das sie umgebende Gebiet. Die Gesamtbedeutung können wir als absolute Bedeutung der Stadt bezeichnen, den Bedeutungsüberschuß als relative Bedeutung.²⁶⁸

Auf der Basis dieser Definition ermittelt er die Zentralität der Orte in seinem Arbeitsgebiet, indem er die Anzahl der Telefonanschlüsse zu den Bevölkerungszahlen in Beziehung setzt. Ein sehr wichtiger Teil dieser Arbeit sind auch die theoretischen Modelle optimierter räumlicher Organisationsstrukturen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass ein zentraler Ort ein zugeordnetes Ergänzungsgebiet besitzt, das er mit zentralen Funktionen versorgt. Die Grenze der Ergänzungsgebiete gleichrangiger Zentren liegt dort, wo die Distanzen zu den Zentren gleich sind – es handelt sich also um die Methode der Voronoi-Graphen. Da Güter unterschiedliche Reichweiten haben, ergibt sich eine Hierarchie zentraler Orte. In derartigen Siedlungssystemen lässt sich die Versorgung mit zentralen Funktionen mit minimalen Transportkosten durchführen. Christaller²⁶⁹ unterscheidet anhand des Zuordnungswertes untergeordneter Siedlungen (k) drei Varianten der Organisationsstrukturen. Die Optimierung erfolgt nach dem Versorgungs-, dem Verkehrs- oder dem Absonderungsprinzip. Anhand des Vergleiches der drei theoretischen Modelle mit dem empirischen Modell weist Christaller allen Orten eines der Optimierungsprinzipien zu und gewinnt damit Informationen zu den relevanten Parametern der Genese des Siedlungssystems. Seit den 1950er Jahren wurde die zentralörtliche Theorie zu einem Paradigma der Geographie. Viele Arbeiten konnten Siedlungsstrukturen aufzeigen, die den theoretischen Modellen Christallers entsprechen. Weitere Arbeiten modifizierten die Theorie. Seit den 1970 Jahren gilt die zentralörtliche Theorie mehr und mehr als veraltet während sich neue Ansätze, wie etwa die Netzwerktheorie als Alternativen anbieten.

267 Christaller 1933, 27.

268 Christaller 1933, 27.

269 Christaller 1933.

In den 1960er Jahren wurde die zentralörtliche Theorie erstmals in der Archäologie rezipiert. Die angelsächsische Schule der archäologischen Zentralortforschung geht letztlich auf den persönlichen Kontakt des Geographen Haggett mit dem Archäologen Clarke zurück und ist dementsprechend an Standorttheorie und Abgrenzung orientiert. In Skandinavien wurde die zentralörtliche Theorie aufgrund angelsächsischer Impulse schon in den 1970er Jahren aufgenommen, aber erst ab 1990 als Paradigma genutzt. Die Identifikation zentraler Orte und die Rekonstruktion von Siedlungshierarchien standen hier im Mittelpunkt. In Deutschland gibt es ebenfalls seit etwa 1970 erste Rezeptionen der zentralörtlichen Theorie im Umfeld der Archäologie. Hier wird dieser Ansatz jedoch erst Ende der 1990er Jahre zum Paradigma. Neben einem Traditionsstrang, der auf Christaller zurückführt ist ein weiterer skandinavischer Impuls zu verdanken. In Deutschland stehen die zentralen Funktionen im Mittelpunkt. Inhaltlich gliedert sich die Zentralortforschung in fünf Facetten: 1. Identifikation zentraler Orte, 2. Ermittlung der Territorien, 3. Ermittlung der Hierarchien, 4. Analyse der Zentralisierungsprozesse und Systemanalysen von Siedlungssystemen. Diesen Facetten sind spezifische Methoden zugeordnet.

Die zentralörtliche Theorie Christallers bringt einige Probleme mit sich. Sie ist schwer auf archäologische Daten anwendbar, orientiert sich an ökonomischen Prinzipien und bildet eine spezielle Organisationsstruktur ab. Zudem ist ihr mit der Netzwerktheorie scheinbar ein Konkurrent erwachsen. Die Mehrzahl dieser Probleme lassen sich lösen, indem die Theorie weiter abstrahiert wird und konkurrierende Ansätze integriert werden. Zunächst modifizieren wir die Definition von Zentralität: Definition 1. Zentralitätsintensität ist relative Konzentration von Interaktion. Hierdurch lösen wir die Theorie aus ihrer ökonomischen Beschränkung und erweitern ihren Anwendungsbereich, wobei inhaltlich letztlich nur marginale Änderungen vorgenommen werden. Weiterhin berücksichtigen wir, dass ein bestimmter Grad der Zentralitätsintensität durch unterschiedliche Kombinationen von Zentralitätsfaktoren erzielt werden können. Zentralität fassen wir als Vektor auf, der sich aus der Interaktionsintensität, der Interaktionsreichweite, dem Hierarchie-niveau und der Interaktionskontrolle zusammensetzt. Die Länge des Zentralitätsvektors bildet gewissermaßen die Zentralitätsintensität.

Interaktion wird hierbei zum Schlüsselbegriff und ist definiert als: Interaktion ist das gemeinsame Handeln mindestens zweier Interaktionspartner. Hierbei werden der Austausch von Informationen und Gütern ebenso erfasst wie gemeinsame Aktivitäten und physische Manipulationen. Interaktion dient der Bedürfnisbefriedigung für mindestens einen Interaktionspartner. Die Wirkungen von Interaktion sind vielfältig. Neben dem Gütererwerb, der Modifikation der Sozialstruktur und von Identitäten, der Anwendung als Instrument zur Handlungsinduktion ist auch die Kulturbildung zu nennen. Interaktionsmodelle bilden vor allem räumliche Aspekte der Interaktion ab. In den Gravitationsmodellen nimmt die Interaktionswahrscheinlichkeit beziehungsweise -intensität mit der Distanz ab und mit der Größe der Interaktionspartner zu. Entropiemodelle betrachten nicht nur zwei Interaktionspartner, sondern ein ganzes Interaktionssystem.

Wir gehen davon aus, dass die räumliche Organisation von Interaktion zu einem optimierten Siedlungssystem führen soll und das theoretische Siedlungsmodelle dementsprechend die wichtigsten Faktoren des Aufwandes für Interaktionen erfassen und den Gesamtaufwand, also die Interaktionskosten minimieren. Die Kostenfaktoren sind variable Wegekosten, fixe Transportkosten und individuelle Zugangskosten zu den Orten. Weiterhin soll einfließen, dass Interaktionen unterschiedliche Präferenz besitzen können. Unter Anwendung von Konzentration der Interaktionsknoten und Synchronisation der Transporte können die Kosten im System minimiert werden. Beide Techniken können zu Synergien führen, wobei wir drei idealtypische Fälle unterscheiden. 1. Mitunter lassen sich keine Synergien realisieren. Heterarchische Strukturen treten auf. 2. Ortssynergien, also die Konzentration von Interaktionsknoten dominiert und führt bevorzugt zu christallerschen Monohierarchien. 3. Transportsynergien, also die Synchronisation von Transporten dominiert und führt bevorzugt zu Strukturen mit Netzwerkzentralität. In der Realität überlagern sich zahlreiche Organisationsstrukturen.

Distanzen spielen bei den bisherigen Betrachtungen eine große Rolle. Sie werden auf der Basis einer Metrik definiert. Wir können unter anderem geometrische, geographische, ökonomische und kulturelle Distanzen sowie Netzwerkdistancen unterscheiden. Weiterhin wird mit Hilfe der Metrik ein Raum aufge-spannt, der unterschiedliche Elemente enthalten kann.

Zu nennen sind Punkte, Oberflächen, umgrenzte Flächen und Netze, welche die Elemente unserer Raum- und Organisationsmodelle bilden. Bei den Modellen unterscheiden wir theoretische von empirischen Modellen. Die theoretischen Modelle sind die Ergebnisse von Optimierungsprozessen und zeigen welche Strukturen für die Mini- oder Maximierung bestimmter Parameter, wie der Transportkosten besonders gut geeignet sind. Empirische Modelle bilden die Realität ab. Der Vergleich beider erlaubt dann, wenn eines von mehreren theoretischen Modellen mit einem gegebenen empirischen Modell übereinstimmt die Kenntnisse der Optimierungsprozesse auf das empirische Modell zu übertragen.

Der zweite wesentliche Schritt bei der Modifikation der zentralörtlichen Theorie ist es, das Angebot an theoretischen Modellen zu erweitern. Hierbei werden vier Kategorien beziehungsweise Schlüsselfragen verwendet um eine Hierarchie der theoretischen Modelle aufzustellen. 1. Organisationstyp. Lassen sich durch Bündelungen Kosten sparen? Hier wird zwischen Hierarchie und Heterarchie unterschieden, wobei Heterarchien nicht weiter differenziert werden. 2. Organisationsgegenstand. Liegen Orts- oder Transportsynergien vor? Ist der Einfluss der fixen Transportkosten eher gering, so bildet sich in einem Optimierungsprozess eine Hierarchie der Knoten, also der Orte. Es kommt zur Konzentration von Interaktionsknoten an einem Ort. Andernfalls hingegen kommt es zur Bündelung von Interaktionen.

3. Distanzrelevanz. Dominieren Wege- oder Zugangskosten? Ist das Verhältnis der variablen Wegekosten zu den Zugangskosten eher hoch, spielt die Distanz also eine große Rolle, so kommt es zu Netzen mit kurzen Kanten und einem geringen räumlichen Überlappungsgrad. Entsprechendes gilt für Netze. 4. Kopplungsgrad. Werden Kosten durch Verwendung einer einheitlichen Struktur gespart? Ist der Kopplungsgrad hoch, so entsteht eine einheitliche, distanzoptimierte Struktur, die für verschiedene Zwecke genutzt wird. Andernfalls wird für jeden Zweck eine geeignete Struktur entwickelt. Diese unterschiedlichen theoretischen Modelle erlauben es mehr Zusammenhänge einzubeziehen, als es mit Christallers Theorie möglich ist. Insbesondere wird die Netzwerktheorie zwanglos integriert und erscheint eher als komplementäres Konzept denn als Konkurrent.

Die theoretischen Grundlagen der Zentralitätsforschung führen zu einem umfangreichen Repertoire an Methoden, die anhand der Datentypen gegliedert werden können. Interaktionsknoten liegen oft vor und sind deshalb gerade in der Archäologie eine wichtige Quelle. Diese können anhand der zentralen Funktion in die fünf Klassen Handel, Herrschaft, Schutz, Produktion/Rohstoffgewinnung und Kult untergliedert und mit der Hilfe archäologischer Funde und Befunde zugeordnet werden. Zudem können numerische Klassifikationen durchgeführt und die räumliche Verteilung bezüglich der Punktdichte und der Punktmuster analysiert werden. Wird die Interaktionsknotendichte in Beziehung zur einer idealen Bevölkerungszahl gesetzt, die auf der Basis naturräumlicher Daten ermittelt wird, so ergibt sich ein Maß für die Zentralität. Die relativen Dichtezentren können hierbei als Zentren interpretiert werden. Zur Berechnung idealer Territorien werden Varianten der Voronoi-Methode verwendet, während empirische Territorien als kulturelle Räume ermittelt werden. Besitzen die zugrunde liegenden Daten, wie etwa Siedlungen unterschiedlicher Größe, eine Zipf- oder Pareto-Verteilung, so liegen die Voraussetzungen für eine Hierarchie vor. Ein Autokorrelationskoeffizient kann darüber hinaus auch aufzeigen, ob die Siedlungsstruktur den theoretischen Modell Christallers entspricht. Hierarchiemodelle werden oft als prädefinierte Rangfolgen archäologischer Fundtypen erstellt. Wenngleich die Rangfolgen plausibel sind, dürfen sie doch nicht als empirische Modelle missverstanden werden. Zudem besitzen Hierarchien neben der Rangordnung auch eine Zuordnung. Dichteclusteranalysen und hieraus abgeleitete Methoden führen zu Zuordnungen. Bei der Analyse der Interaktionskanten stehen die Interaktionsdichte, die Kantenlängen und die Kantenhierarchien im Mittelpunkt. Interaktionsnetze lassen sich durch den Vergleich mit idealen Modellen, die als Graphen unterschiedlichen Typs konstruiert sind sowie mit den Methoden der Netzwerkanalyse untersuchen. Neben Kennzahlen für Verkehrsnetzwerke sind vor allem die Zentralitätsmaße von Nutzen. Ausgehend von dem Konzept des Zentralitätsvektors können Zentralitätsindizes theoretisch entwickelt werden und damit das Theoriedefizit der Netzwerktheorie kompensiert werden. Hierbei wird zwischen empirischer Zentralität und theoretischer Zentralität (Zentralitätspotential) sowie verschiedenen Netzwerktypen unterschieden und damit der zielgerichtete Ein-

satz und Vergleich der Indizes ermöglicht. Ein weiterer methodischer Ansatz ist die Klassierung der Netzwerke nach der Klassifikation der Organisationsstrukturen. Hierbei können die diagnostischen Merkmale anhand einfacher Kriterien beurteilt werden: 1. Organisationstyp. Hierarchieindikatoren erlauben zu entscheiden, ob Hierarchien oder Heterarchien vorliegen. Insbesondere deutliche Größenunterschiede der Orte deuten eine Hierarchie an. 2. Organisationsgegenstand. Ist die Verteilung der zentralen Orte einer Hierarchieebene eher gleichmäßig oder räumlich linear? Lineare Muster sprechen für Kantenhierarchien. Finden Interaktionen bevorzugt zwischen gleichen oder im Niveau unterschiedlichen Partnern statt? Interaktionen zwischen gleichen Partnern deuten eher auf Kantenhierarchien hin, da eine strenge Hierarchie von Orten grundsätzlich Beziehung zwischen gleichberechtigten Partnern zulässt. Zudem können die Indikatoren der Netzwerkzentralität helfen, zwischen Knoten- und Kantenhierarchien zu unterscheiden. 3. Distanzrelevanz. Welche Reichweite besitzen die Interaktionsverbindungen eines Ortes? Welchen Umfang besitzen die Überlappungen mit den Interaktionsradien anderer Orte? 4. Kopplungsgrad. Liegen Mehrfachzuordnungen vor? Weist ein Ort Interaktionen zu mehreren übergeordneten Orten auf? Für den Vergleich von Zentralorten wurde ein Zentralitätsdiagramm entwickelt, das Informationen zu den zentralen Funktionen, der Organisationsstruktur, der Reichweite und der Intensität sowie zum Zentralitätspotential enthält und damit eine einfache Gegenüberstellung der wichtigsten Parameter ermöglicht.

Als Fallbeispiele wurden die Topoi-A1-Projekte untersucht. Die Ergebnisse sind in schematischen Karten und Zentralitätsdiagrammen zusammengefasst.

A-I-1 Archäologische und geoarchäologische Untersuchungen im Siebenstromland. Im Fallbeispiel der sakischen Reiternomaden im Siebenstromland lassen sich drei unterschiedliche Organisationsstrukturen herausarbeiten. 1. Zunächst sind die Siedlungen am Gebirgsfuß zu nennen, die sich entlang eines Fernverkehrsweges aufreihen und Knoten mittlerer Zentralität in einem großräumigen Netzwerk bilden. 2. Das Gebiet der reichen Nekropolen bildet eine zentrale Region im großen Territorium der Nomaden, das nach dem Konzept der Christallerzentralität organisiert ist. 3. Die Gräberfelder und Siedlungen bilden christallersche Polyzentren in kleinen Siedlungskammern.

A-I-2 Zentrale Orte einer frühgriechischen Polis im nordöstlichen Schwarzmeerraum. Im Umfeld von Taganrog an der Mündung des Don für die einzelnen Epochen unterschiedliche Strukturen aufgezeigt werden. 1. Mittlere Bronzezeit. Eine befestigte Siedlung am Deltarand ist bekannt und zahlreiche Hügel ohne korrespondierende Siedlungen können möglicherweise auf nomadische Siedlungsweise hinweisen. In dieser Phase kann man eine Knotenhierarchie vermuten. 2. Späte Bronzezeit. Hunderte Siedlungen und die gleiche Hügelzahl wie zuvor sind in der Steppe bekannt. Einige Siedlungen an den Mündungen der Täler heben sich durch ihre Größe heraus. Die Territorien, die durch Wasserscheiden eingegrenzt werden können, scheinen kleiner zu sein als zuvor. Hier können wir von einer nicht beziehungsweise gering distanzbasierten Knotenmonohierarchie ausgehen. 3. Endbronzezeit und frühe Eisenzeit. Jetzt ist die Steppe weitgehend leer, Kurgane könne aber im Deltabereich beobachtet werden. Die Siedlungen konzentrieren sich auf das Dondelta, an dessen Rand einige befestigte Siedlungen mit Metallverarbeitung liegen. Hier können wir eine Knotenhierarchie vermuten. Aufgrund der peripheren Lage wird man eine geringe Distanzabhängigkeit annehmen dürfen. 4. Fünftes bis viertes Jahrhundert v. Chr. Diese Zeit ist durch griechischen Einfluss und das Vorkommen von zahlreichen Importen geprägt. Am Dondelta liegt ein überregionaler Handelsknoten vor, während die Steppe weitgehend leer ist. Der Handelsplatz stellt einen Netzwerkknoten eines überregionalen Austauschnetzes und zugleich ein lokales christallersches Zentrum für die Versorgung mit Importgütern dar.

A-I-3 Resafa/Syrien – der Landschaftsbezug von Kultort und Herrschaftszentrum. Drei Phasen lassen sich unterscheiden: 1. Als Limesposten ist Resafa in ein Netzwerk eingebunden, besitzt aber eine geringe Interaktionsintensität. Die Schutzfunktion ist dominant. 2. Als Wallfahrtsort bildet es ein Monozentrum in christallerschen Sinne. Die dominante zentrale Funktion ist nun Kult. 3. Als Residenz ist Resafa ein Polyzentrum mit Herrschaft als dominanter Funktion. In dieser Phase ist die Gesamtzentralität am höchsten.

A-I-4 The Late Antique Palace Felix Romuliana and Its Surroundings. Für den naturräumlich begünstigten Ort werden zwei Phasen unterschieden. 1. In der Residenzphase handelt es sich um ein Polyzentrum mit Herrschaft als dominanter Funktion. Weiterhin ist der Ort in ein Handelsnetz eingebunden. 2. Nach der Resi-

denzphase liegt ein regionales Zentrum vor, das überwiegend Christallerzentralität und ein ausgewogenes Spektrum an zentralen Funktionen aufweist.

A-I-6 Archäologische und geoarchäologische Untersuchungen im Umland von Aleppo. Für Aleppo konnten quantitative Analysen der Siedlungen im Umland vorgenommen werden. Die naturräumliche Gunst des Ortes ist sehr gering. Es zeigt sich, dass der Kristallisationskern in der Lage an einem überregionalen Verkehrsknoten besteht. Auf diese Ausgangszentralität aufbauend werden drei umliegenden siedlungsgünstige Siedlungsregionen im Umfeld zur Versorgung einbezogen und stabilisieren die Zentralität Aleppos und fügen Komponenten christallerscher Zentralität hinzu. Die Nutzung Aleppos als Herrschaftssitz rundet das Bild eines stabilen Zentrums ab.

A-I-7 Paläoumweltrekonstruktion in Naga, Zentral Sudan. Für Naga können drei Organisationsstrukturen unterschieden werden. 1. Naga besitzt als regionales Zentrum christallersche Monozentralität. Die Nomaden im Umfeld hatten hier eine Anlaufstelle für den Handel und für religiöse Funktionen. 2. Hinsichtlich der Herrschaft haben wir es vielmehr mit einem polyzentrischen System zu tun, da Naga eine temporär genutzte Pfalz war und diese Funktion etwa mit Musawwarat teilte. 3. Schließlich ist Naga als Netzwerkzentrum und Gateway in einem überregionalen Handelsnetzwerk anzusprechen. Es hatte Handelsverbindungen nach Indien, Arabien, Äthiopien, Afrika und Europa.

A-I-10 Siedlungsgeschichte des Südharzes. Ende des 2. Jahrhunderts v. Chr. erscheint eine isolierte kulturelle Siedlungsregion der Przeworsk Kultur im südlichen Harz, der an der nördlichen Peripherie der Latène Kultur dieser angehört. Die Siedlungen der Przeworsk Kultur zeichnen sich durch Nähe zu Eisenerzvorkommen und durch Eisenverarbeitung aus. Hier lassen sich zwei alternative Modelle beschreiben: 1. Christallerzentralität. Die Metallhandwerker der Przeworsk Kultur wurden gezielt angeworben um den Eisenbedarf der einheimischen Angehörigen der Latène Kultur zu decken. 2. Netzwerkzentralität. Es handelt sich um eine Gruppe von Spezialisten, die gewissermaßen in einer Kolonie in der Fremde Rohstoffe für die Przeworsk Kultur erschließen. In beiden Fällen liegt die dominante zentrale Funktion in der Produktion und Rohstofferschließung.

A-I-11 Lossow bei Frankfurt/Oder – Eine früh-eisenzeitliche Kultstätte in der antiken Randzone. Die dominante zentrale Funktion ist Kult. Für dieses Fallbeispiel konnten zwei alternative Modelle entwickelt werden. 1. Lossow und das benachbarte Lebus liegen in zwei getrennten Territorien und konkurrieren. Beide sind also Monozentren im Sinne Christallers. 2. Lossow und Lebus sind Polyzentren in einem Territorium, dass sie nördlich und südlich an der Oder flankieren. In beiden Fällen kommt noch Netzwerkzentralität hinzu, die durch die Lage an dem überregionalen Verkehrsweg des Flusses Oder gegeben ist und in verschiedenen Importfunden zum Ausdruck kommt. Im Umfeld von Lossow konnten quantitative Analysen durchgeführt werden, die tendenziell für Modell 2 sprechen.

A-I-16 Monumentalarchitektur in der Nabatäerhauptstadt Petra (Jordanien): Grabkomplexe und Palast. Petra ist an einer Kreuzung überregionaler Verkehrswege gelegen und stellt hier ein Netzwerkzentrum des Handels dar. Hinzu kommt Christallerzentralität für die Funktionen Herrschaft und Kult. Die Verlagerung der Verkehrswege führt zu einem radikalen Abfall des Zentralitätspotentials und damit zur Aufgabe Petras.

A-I-17 Rekonstruktion der Paläoumwelt und antiken Landschaft von Dahschur (Ägypten) mit ihren Grabdenkmälern, Heiligtümern und Siedlungen. Dahschur liegt am Rande des Niltals an der Grenze zur Wüste. Es kann als überregionales Kultzentrum und lokales Produktionszentrum gesehen werden. In beiden Fällen liegt Christallerzentralität vor.

In der Synthese kristallisiert sich zunächst das Verhältnis von Christaller- und Netzwerkzentralität heraus. 1. Oft sind beide Organisationsformen an einem Ort deutlich erkennbar zu beobachten. 2. Die Reichweite der Netzwerkzentralität ist meistens erheblich höher als die der Christallerzentralität. 3. Die Netzwerkzentralität besitzt im Bereich der Funktion ‚Handel‘ einen Schwerpunkt. Es sind demnach komplexere Organisationsstrukturen, deren Dominanz jedoch unterschiedlich sein kann. Tendenziell ist Christallerzentralität auf den Nahbereich und Netzwerkzentralität auf größere Distanzen ausgerichtet, so dass das Verhältnis der beiden Organisationsstrukturen auch im Drei-Zonen-Modell zum Ausdruck kommt. Interaktionsraum 1 stellt den Zentralort selbst dar. Interaktionsraum 2 ist sein Territorium beziehungsweise Ergänzungsgebiet. Interaktionsraum 3 entspricht der

weiteren Umgebung des Zentralortes. Weiterhin zeigt sich, dass die Initialisierung von Zentralität von einem Kristallisationskern ausgeht, der in einem Ballungsgebiet, naturräumlicher Gunst, struktureller Gunst oder in arbiträren Ursachen bestehen kann. Anschließend kommen meistens weitere zentrale Funktionen hinzu, schaukeln sich auf und pendeln sich auf einen Wert ein, der durch das Zentralitätspotential bestimmt wird. Da das Zentralitätspotential nicht konstant ist, kann eine Veränderung der Rahmenbedingungen zum Niedergang eines Zentralortes führen. Die Voraussetzungen zum Entstehen eines Zentralortes sind: 1. ein Interaktionsinteresse. 2. ein Kristallisationspunkt. 3. keine Konkurrenten mit höherem Zentralitätspotential. 4. Sicherstellung der Versorgung aus dem Umland oder mit der Hilfe von Interaktionspartnern. Ein wichtiger Parameter, der über den Fortbestand eines Zentralortes entscheidet ist die Krisenstabilität. Mechanismen zur Erhöhung der Krisenstabilität sind: 1. Die Kombination unterschiedlicher zentrale Funktionen, die zu einer geringeren Abhängigkeit von einzelnen Funktionen führt. 2. Die Kombination unterschiedlicher Organisationsstrukturen ermöglicht es die Folgen lokaler oder regionaler Krisen zu mindern. 3. Die Nutzung unterschiedlicher Naturräume im Territorium ermöglicht es partielle Krisen abzuf puffern. 4. Die Balance zwischen Statik und Dynamik tariert die Reaktion auf Krisen aus. Aus den theoretischen Überlegungen und der Synthese der Fallbeispiele lassen sich handlungsleitende Aspekte ableiten, die ein besseres Verständnis menschlichen Verhaltens in unterschiedlichen Situationen ermöglichen und dessen Beziehungen zur Siedlungsstruktur aufzeigt. Hierbei sind die Standpunkte des anbietenden Interaktionspartners, des konsumierenden Interaktionspartners und der übergeordneten planenden Hand zu unterscheiden. Weiterhin können räumliche, soziale, zeitliche und kulturelle Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

Als Fazit der vorliegenden Untersuchung kann gesagt werden, dass die extreme Heterogenität der Topoi-A-I-Projekte mit ihrer großen Bandbreite unterschiedlicher Rahmenbedingungen und Strukturen eine fundierte Analyse der Entstehungs- und Entwicklungsbedingungen zentraler Orte erlaubt. Die Fragen, unter welchen Bedingungen Zentralorte entstehen und was zu ihrer weiteren Expansion beziehungsweise zu ihrem Untergang führte, konnten beleuchtet werden. Hierbei stand die Wechselwirkung der zentralen Orte

mit ihrem Umland und insbesondere den naturräumlichen Umweltparametern im Vordergrund. Zur Durchführung der Projektsynthese wurde zunächst die Theorie zentraler Orte optimiert, wobei das christallersche Konzept und netzwerktheoretische Ansätze integriert werden konnten.

In dieser Untersuchung konnte zunächst der Forschungsschwerpunkt "Zentrale Orte" bestätigt werden, da diese Orte für die archäologische, historische und geographische Forschung sehr bedeutsam sind. Zentrale Orte sind zugleich Impulsgeber für ihr Umland und sensibler Sensor für Entwicklungen im Umland. Die Untersuchung machte zudem deutlich, dass zentrale Orte ihre emergente Entstehung zahlreichen Einzelentscheidungen verdanken oder auf einen Planungsprozess zurückzuführen sind. Beides ist an Kostenersparnis in einem abstrakten Sinn orientiert. Die Kostenersparnis wird insbesondere durch Synergien erzielt. In der Praxis haben sich zentrale Orte vielfach nicht nur aufgrund der Kostenersparnis, sondern vor allem aufgrund der Stabilität ihrer Strukturen bewährt. Die Bündelung von Funktionen und Transporten, bei der Krisen einzelner Partizipanten gut aufgefangen werden können, sind Hauptursache der Stabilität.

Als wichtig hat sich die Unterscheidung von Zentralitätspotential, also der maximal erzielbaren Zentralität und realer Zentralität erwiesen. Faktoren, die das Zentralitätspotential beeinflussen, sind Naturraumgunst, kulturelle Verhältnisse und Siedlungsstruktur. Die Entstehung zentraler Orte benötigt einen Kristallisationspunkt. Zentralitätspotential und Initialisierung bestimmen gemeinsam die frühe Entwicklung von Zentralorten. Ebenso wie die Initiation kann auch die Variation des Zentralitätspotentials arbiträren Einflüssen unterlegen sein. Dieser Fall tritt verhältnismäßig oft auf und macht eine Prädiktion der Zentralortentstehung und -entwicklung schwierig, obgleich existierende Zentrale Orte sich gut erklären lassen. Die Reaktion der Zentralität auf Änderungen der Rahmenbedingungen und insbesondere auf kurzfristige und unvorhergesehene Störungen hängt wesentlich von der Stabilität ab.

Ein wichtiger Faktor, der massive Änderungen der Rahmenbedingungen und des Zentralitätspotentials hervorrufen kann, sind Innovationen. Anthropogen, aber oft nicht geplant, anhand verschiedener Parameter erklärbar, aber schwer prädizierbar sind sie ein Größe, die sich in großräumige diachrone Prozesse

einordnet, aber voller Individualität unwägbar bleibt. Nicht zuletzt zum Verständnis der scheinbar arbiträren Zentralitätskomponente wäre eine bessere Kenntnis von Innovationen und ihrer Ausbreitung wünschenswert.

Summary

This work is dedicated to the synthesis of the Topoi projects dealing with central places. The great heterogeneity of these central locations requires suitable theoretical and methodological foundations to the same extent, to form an ideal basis for developing them. Accordingly, the focus lies on modifying and expanding the theory of central places. First, the potential and problems of this theory are elaborated on the basis of an overview of the history of research. The next step, starting with the definition of centrality, involves modifications and extensions. Numerous facets of centrality are discussed and various interrelationships are pointed out. The discussion of a broad spectrum of methods follows and goes beyond the application to the topoi projects. These projects are then evaluated in summary. The resulting information are condensed, abstracted, compressed and displayed graphically. Finally, a synthesis of the individual results follows, which leads equally to a better understanding of centrality as well as it raises new research questions or helps to focus research on essential points. The central place theory was developed by geographer Walter Christaller within his dissertation 'Die Zentralen Orte in Süddeutschland' published in 1933. It defines centrality as follows: We want to speak briefly of the centrality of a place and by this we mean the relative importance of a place in relation to the area surrounding it, or the degree to which the city performs central functions. Christaller defines centrality as relative meaning of a place and explains what he understands by relative meaning: The city has a total meaning B , of which B_z is allotted to its own population, the difference $B-B_z$, the surplus of meaning, to the surrounding area. The overall significance can be described as the absolute significance of the city and the surplus of significance as relative significance (Christaller, 1933, 27). Based on this definition, he determines the centrality of the places in his work area by correlating the number of telephone lines to the population figures. A

very important part of this work are also the theoretical models of optimized spatial organisation structures. It is assumed that a central location has an assigned additional area which it provides with central functions. The border of the additional areas of centres of equal rank is located where the distances to the centres are the same - the method of Voronoi graphs. Since goods have different ranges of distribution, there is a hierarchy of central locations. In such settlement systems, the supply of central functions can be implemented with minimal transport costs. Christaller differentiates between three variants of organisational structures based on the assignment value of subordinate settlements (k). Optimization is based on the supply, traffic or separation principle. By comparing the three theoretical models with the empirical model, Christaller assigns one of the optimisation principles to all locations and thus obtains information on the relevant parameters of the development of the settlement system.

Since the 1950s, central place theory has become a paradigm of geography. Many works were able to show settlement structures that correspond to Christaller's theoretical models. Further works modified the theory. In the 1970s, central place theory has become increasingly obsolete, while new approaches, such as network theory, have emerged as alternatives. During the 1960s, the central place theory was used for the first time in archaeology. The Anglo-Saxon school of archaeological central place research ultimately traces back to the personal contact of geographer Haggett with archaeologist Clarke and is accordingly oriented towards location theory and boundaries. In Scandinavia, the central place theory was already adopted in the 1970s due to Anglo-Saxon impulses but was not used as a paradigm until 1990. The focus was on identifying central places and reconstructing settlement hierarchies. In Germany, too, there have been the first receptions of central place theory in the field of archaeology since around 1970. Here, however, this approach only became a paradigm at the end of the 1990s. In addition to the tradition that goes back to Christaller, there is another impulse that has come from Scandinavia. In Germany, the focus is on the central functions. The content of central place research can be divided into five facets: 1. identification of central places, 2. identification of territories, 3. identification of hierarchies, 4. analysis of centralisation processes and

system analyses of settlement systems. Specific methods are assigned to these facets.

Christaller's central place theory entails some problems. It is difficult to apply to archaeological data, is based on economic principles and displays a special organisational structure. Moreover, it appears that the network theory has become a competitor. The majority of these problems can be solved by further abstracting the theory and integrating competing approaches. First, we modify the definition of centrality: The intensity of centrality is the relative concentration of interaction. In doing so, we free the theory from its economic limitations and expand its applicability, whereby only marginal changes are made in terms of content. We also take into account that a certain degree of centralisation intensity can be achieved with different combinations of centrality factors. We grasp centrality as a vector consisting of interaction intensity, interaction range, hierarchy level and interaction control. The length of the centralisation vector forms the intensity of centrality, so to speak. Interaction becomes a key term and is defined as: Interaction is the joint action of at least two interaction partners. Here, the exchange of information and goods as well as joint activities and physical manipulations are recorded. Interaction serves to satisfy the needs of at least one interaction partner. The effects of interaction are manifold. In addition to the acquisition of goods, the modification of the social structure and identities, the application as an instrument for inducing action, cultural education should also be mentioned. Interaction models primarily depict spatial aspects of interaction. In the gravitational models, the probability or intensity of interaction decreases with distance and with the size of the interaction partners. Entropy models consider not only two interaction partners, but an entire interaction system.

We assume that the spatial organisation of interaction should lead to an optimized settlement system and that the theoretical settlement models accordingly record the most important factors of the effort for interactions and minimize the total effort, i.e. interaction costs. The cost factors are variable travel costs, fixed transport costs and individual access costs to locations. Furthermore, it should be taken into account that interactions can have different preferences. Costs in the system can be minimized by concentrating the interaction nodes and synchronizing the transports. Both techniques can lead to synergies, although we distinguish

three ideal-typical cases. 1. Sometimes no synergies can be realized. Heterarchical structures occur. 2. Local synergies, i.e. the concentration of interaction nodes dominates and preferably leads to Christaller-like monohierarchies. 3. transport synergies, i.e. the synchronization of transports, dominate and preferably lead to structures with network centrality. In reality, numerous organisational structures overlap.

Distances played an important role in previous studies. They are defined on the basis of a certain metric. We can differentiate between geometric, geographical, economic and cultural distances as well as network distances. Furthermore, the metric is used to create a space that can contain different elements. Points, surfaces, delimited surfaces and networks form the elements of our spatial and organisational models. The models differ between theoretical and empirical. Theoretical models are the results of optimization processes and show which structures are particularly suitable for minimizing or maximizing certain parameters, such as transport costs. Empirical models represent reality. The comparison of both allows to transfer the knowledge of the optimization processes to the empirical model, if one of several theoretical models corresponds to a given empirical model.

The second essential step in modifying the central place theory is to expand the selection of theoretical models. Three categories or key questions are used to establish a hierarchy of theoretical models. 1. Type of organisation. Can costs be saved by bundling? A distinction is made between hierarchy and heterarchy, although no further differentiation is made for heterarchies. 2. Organisational Object. Are there local or transport synergies? If the influence of the fixed transport costs is rather small, a hierarchy of nodes, i.e. locations, is formed in an optimization process. This results in the concentration of interaction nodes in one place. Otherwise, however, there will be a bundling of interactions. 3. Relevance of distance. Do infrastructure or access costs dominate? If the ratio of variable path costs to access costs is rather high, the distance plays a significant role, networks with short edges and a low degree of spatial overlap occur. The same applies to networks. 4. Degree of coupling. Are costs saved by using a uniform structure? If the degree of coupling is high, a uniform, distance-optimized structure is created, which can be used for various purposes. Otherwise, a suitable structure will be developed for each purpose. These differ-

ent theoretical models make it possible to include more correlations than is possible with Christaller's theory. In particular, network theory is integrated effortlessly and appears more as a complementary concept than as a competitor.

The theoretical foundations of centrality research lead to an extensive repertoire of methods that can be structured according to data types. Interaction nodes are often present and are therefore an important source, especially in archaeology. On the basis of their central function, these can be divided into five classes: trade, rulership, protection, production/raw material extraction and cult, and assigned with the help of archaeological finds and building structures. In addition, numerical classifications can be performed and spatial distribution can be analysed in terms of point density and point patterns. If the density of interaction nodes is related to an ideal population, which is determined on the basis of natural spatial data, a measure of centrality is obtained. The relative density maxima can be interpreted as centres. Variations of the Voronoi method are used to calculate ideal territories, while empirical territories are determined as cultural spaces. If the underlying data, such as settlements of different sizes, have a Zipf or Pareto distribution, the prerequisites for a hierarchy are met. An autocorrelation test can also show whether the settlement structure corresponds to Christaller's theoretical model. Hierarchy models are often created as predefined rank orders of archaeological find types. Although the rankings are plausible, they should not be misunderstood as empirical models. Hierarchies also have an assignment in addition to the ranking order. Density cluster analyses and methods derived from them lead to classifications. The analysis of the interaction edges focuses on the interaction density, edge lengths and edge hierarchies. Interaction networks can be investigated by comparing them with ideal models constructed as graphs of different types as well as with the methods of the network analysis. In addition to key figures for transport networks, the measures of centrality are of particular benefit. Based on the concept of the centrality vector, centrality indices can be developed based on theory and thus compensate for the theoretical deficit of the network theory. A distinction is made between empirical centrality and theoretical centrality (centrality potential) as well as different network types, thus enabling the specific use and comparison of the indices. Another methodical approach

is the classification of networks according to the classification of organisational structures. The diagnostic characteristics can be judged according to some simple criteria: 1. Type of organisation. Hierarchy indicators allow you to decide whether hierarchies or heterarchies exist. Significant differences in size of the places particularly indicate a hierarchy. 2. Organisational Object. Is the distribution of the central places on one hierarchy level more even or linear? Linear patterns speak for edge hierarchies. Do interactions take place preferably between the same partners or between partners of different levels? Interactions between the same partners point to edge hierarchies, since a strict hierarchy of places basically allows a relationship between equal partners. In addition, the indicators of network centrality can help to distinguish between node and edge hierarchies. 3. Distance relevance. What is the range of the interaction connections of one place? What is the extent of the overlap with the interaction radii of other locations? 4. Degree of coupling. Are multiple assignments present? Does one place have interactions to multiple higher-level places? For the comparison of central locations, a centrality diagram was developed that displays the information of the central functions, the organisational structure, the range and intensity as well as the centrality potential and thus enables a simple comparison of the most important parameters.

The Topoi A1 projects were examined as case studies. The results are summarized in schematic maps and centrality diagrams.

A-I-1 Archaeological and geoarchaeological investigations in the land of the seven streams. In the case study of the sakian equestrian nomads in Siebenstromland, three different organisational structures can be identified. 1) To begin with, the settlements at the foot of the mountains should be mentioned, which line up along a long-distance traffic route and form nodes of moderate centrality in a large-scale network. 2) The area of rich necropoleis forms a central region in within the large territory of the resident nomads, organized according to the concept of Christaller's centrality. 3) The cemeteries and settlements form Christaller-like play-centres in small settlement chambers.

A-I-2 Central places of an early Greek polis in the north-eastern Black Sea region. In the surroundings of Taganrog at the mouth of the Don different structures for the different epochs can be identified. 1. Middle Bronze Age. A fortified settlement on the edge of

the delta is known and numerous hills without corresponding settlements may indicate nomadic settlement patterns. In this phase you can assume a node hierarchy. 2. Late Bronze Age. Hundreds of settlements and the same number of hills as before are known in the steppe. Some settlements at the mouths of the valleys stand out due to their size. The territories, which can be limited by watersheds, seem to be smaller than before. Here we can assume a node monohierarchy based on little or no distance. 3. Late Bronze Age and Early Iron Age. Now the steppe is largely empty, but kurgans can be observed in the delta area. The settlements are concentrated in the Don delta, at the edge of which are some fortified settlements with (traces of) metalworking. Here we can assume a node hierarchy. Due to the peripheral position one will be able to assume a low distance dependence. 4. Fifth to fourth century B.C. This time is marked by Greek influence and occurrence of numerous imports. At the Don delta there is a supraregional trading node, while the steppe is largely empty. The trading centre represents a network node of a supraregional exchange network and at the same time a local Christaller-like centre for the supply of imported goods.

A-I-3 Resafa/Syria the landscape reference of place of worship and centre of power. Three phases can be distinguished: 1. Resafa is integrated into a network as a limes fortification, but has a low interaction intensity. Its role of protection is dominant. 2. As a place of pilgrimage, it forms a monocentre in a Christaller-like sense. The dominant central function is now cult. 3. As a residence, Resafa is a polycentre with a ruling function. The overall centrality is highest at this stage.

A-I-4 The Late Antique Palace Felix Romuliana and Its Surroundings. A distinction is made between two phases for this naturally favoured site. 1. In the residence phase, it is a polycentre with a dominant ruling function. 2. Furthermore, the town is integrated into a trading network. 3. After the residence phase, there is a regional centre with a predominantly Christaller centrality and a balanced spectrum of central functions.

A-I-6 Archaeological and geoarchaeological investigations in the Aleppo hinterland. In the case of Aleppo, quantitative analyses of the settlements in the hinterland were possible. The natural favour of the place is very small. It is shown that the nucleus is located at a supraregional traffic junction. Building on this initial centrality, three neighbouring settlement re-

gions in the surrounding area are included for supply, stabilise the centrality of Aleppo and add components of Christaller-like centrality. The use of Aleppo as a seat of power rounds off the image of a stable centre.

A-I-7 Paleoenvironment Reconstruction in Naga, Central Sudan. Three organisational structures can be distinguished for Naga. 1. As a regional centre, Naga has a Christaller-like monocentricity. The nomads in the surrounding area had a contact point for trade and religious functions. 2. With regard to rule, we are dealing with a polycentric system, since Naga was a temporarily used Palatinate and shared this function with Musawwarat, for example. 3. Finally, Naga must be addressed as a network centre and gateway in a supraregional trading network. It had trade connections to India, Arabia, Ethiopia, Africa and Europe.

A-I-10 Settlement history of the South Harz. At the end of the 2nd century B.C. an isolated cultural settlement region of the Przeworsk culture appears in the southern Harz mountains, to which the Latène culture belongs on the northern periphery. The settlements of the Przeworsk culture are characterized by their proximity to iron ore deposits and iron processing. Here two alternative models can be described: 1. Christaller centrality. The metalworkers of the Przeworsk culture were specifically recruited to meet the iron needs of the local members of the Latène culture. 2. Network centrality. A group of specialists, who in a certain sense open up raw materials for the Przeworsk culture in a colony in a foreign country. In both cases, the dominant central function is production and raw material development.

A-I-11 Lossow near Frankfurt/Oder. An early Iron Age cult site within the ancient peripheral zone. The dominant central function is cult. Two alternative models have been developed for this case study. 1. Lossow and neighbouring Lebus live in two separate territories and compete. Both are thus monocentres in the Christaller sense. 2. Lossow and Lebus are polycentres in a territory flanking the Oder to the north and south. In both cases, network centrality can be added, which is a result of the location on the Oder river's supraregional traffic route and is reflected by various import finds. In the Lossow environment, quantitative analyses were undertaken that tend to support Model 2.

A-I-16 Monumental architecture in the capital of the Nabataeans – Petra (Jordan): tomb complexes and palace. Petra is located at an intersection of supraregional traffic routes and represents a network centre for

trade. In addition, there is the Christaller centrality for the functions of rule and cult. The relocation of transport routes leads to a radical decline in the potential for centrality and thus to the abandonment of Petra.

A-I-17 Reconstruction of the palaeo-environment and ancient landscape of Dahshur (Egypt) with its tombs, sanctuaries and settlements. Dahshur is situated on the edge of the Nile valley on the border to the desert. It can be seen as a supraregional cult centre and local production centre. In both cases there is Christaller centrality.

In synthesis, the relationship between Christaller and network centrality becomes apparent. 1. Both forms of organisation can often be seen distinctly in one place. 2. The range of network centrality is usually considerably higher than that of Christaller centrality. 3. Network centrality has a focus on the trading function. They are therefore complementary organisational structures, although their dominance can vary. In general, Christaller centrality is oriented towards the local area and network centrality towards greater distances, thus the relationship between the two organisational structures is also expressed in the three-zone model. Interaction space 1 represents the central location itself. Interaction space 2 is its territory or additional area. Interaction space 3 corresponds to the wider surroundings of the central place. Furthermore, it is shown that the initialization of centrality is based on a nucleus, which can exist in an agglomeration, natural favour, structural favour or in arbitrary causes. Subsequently, further central functions are usually added, oscillating up and levelling off to a value that is determined by the centrality potential. Since the centrality potential is not constant, a change in the general conditions can lead to the decline of a central location. The prerequisites for the development of a central place are: 1. An interest in interaction. 2. A centrality-nucleus. 3. No competitors with a higher centrality potential. 4. Ensuring supply from the hinterland or with the help of interaction partners. An important parameter that determines the continuity of a central location is crisis stability. Mechanisms for increasing crisis stability are: 1. The combination of different central functions, which leads to less dependency on individual functions. 2. The combination of different organisational structures, which makes it possible to mitigate the consequences of local or regional crises. 3. The use of different natural environments in the territory makes it possible to buffer partial crises. 4. The bal-

ance between statics and dynamics tares the reaction to crises. The theoretical considerations and the synthesis of the case studies allow to derive action-guiding aspects that enable a better understanding of human behaviour in different situations and show its relationship to the settlement structure. The standpoints of the offering interaction partner, the consuming interaction partner and the superordinate planning hand must be distinguished. Furthermore, spatial, social, temporal and cultural aspects can be taken into account.

As a conclusion of the present study it can be said that the extreme heterogeneity of the Topoi A1 projects with their wide range of different framework conditions and structures allows for a profound analysis of the conditions of origin and development of central locations. The questions of the conditions under which central locations were created and what led to their further expansion or their demise were examined. The interaction of the central locations with their surroundings and in particular the environmental parameters of the natural environment were the focal point. To carry out the projects synthesis, the theory of central places was first optimized, whereby the Christaller concept and network theoretical approaches were integrated.

This study confirmed the research focus on central places, since these places are very important for archaeological, historical and geographical research. Central places also provide impetus for the hinterland and are sensitive sensors for its development. The study also made it clear that central locations owe their emergent formation to numerous individual decisions or to a planning process. Both are oriented towards cost savings in an abstract sense. The cost savings are achieved in particular through synergies. In practice, central places have often proven themselves not only because of cost savings, but above all because of the stability of their structures. The bundling of functions and transports, in which crises of individual participants can be well absorbed, are the main cause of stability. The distinction between centrality potential, in other words the maximum achievable centrality, and real centrality has proven to be important. Factors influencing the potential for centrality are the favour of natural space, cultural conditions and settlement structure. The development of central places requires a nucleus. Centrality potential and initialization together determine the early development of central places. Like initiation, variation of the centrality potential can also be subject to arbitrary influ-

ences. This case occurs relatively often and makes it difficult to predict the origin and development of central places, although existing central places can be well explained. The reaction of centrality to changes in framework conditions, and in particular to short-term and unforeseen disruptions, depends largely on stability.

Innovations are an important factor that can cause massive changes in the framework conditions and

the potential for centrality. Anthropogenic, but often not planned, explainable by means of various parameters, but difficult to predict, they are a quantity that fits into large-scale diachronic processes but remains incalculable due to their individuality. It is desirable to have a better knowledge of innovations and their distribution, particularly in order to understand the seemingly arbitrary centrality component.

B Bibliographie

Abels 2007

Heinz Abels. *Interaktion, Identität, Präsentation: Kleine Einführung in interpretative Theorien der Soziologie*. 4. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2007.

Abonyi und Feil 2007

János Abonyi und Balazs Feil. *Cluster Analysis for Data Mining and System Identification*. Basel, Boston und Berlin: Birkhäuser, 2007.

Agahd 1911

Reinhold H. A. Agahd. „Der Burgwall von Lössow bei Frankfurt a. O.“ *Prähistorische Zeitschrift* (1911), 308–323.

Aldenderfer und Blashfield 1984

Mark S. Aldenderfer und Roger K. Blashfield. *Cluster Analysis*. Newbury Park: Sage, 1984.

Alexanian, Bebermeier u. a. 2012

Nicole Alexanian, Wiebke Bebermeier, Dirk Blaschta und Arne Ramisch. „The Pyramid Complexes and the Ancient Landscape of Dahshur/Egypt“. *eTopoi Journal for Ancient Studies. Special Volume 3* (2012), 131–133.

Alexanian und Seidlmayer 1998

Nicole Alexanian und Stephan Seidlmayer. „Die Friedhöfe des Alten und Mittleren Reiches in Dahschur. Bericht über die im Frühjahr 1997 durch das Deutsche Archäologische Institut Kairo durchgeführte Felderkundung in Dahschur“. *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Abteilung Kairo* 54 (1998), 293–317.

Alexanian und Seidlmayer 2002a

Nicole Alexanian und Stephan Seidlmayer. „Die Residenznekropole von Dahschur, erster Grabungsbericht“. *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Abteilung Kairo* 58 (2002), 1–28.

Alexanian und Seidlmayer 2002b

Nicole Alexanian und Stephan Seidlmayer. „Survey and Excavations at Dahshur“. *Egyptian Archaeology* 20 (2002), 3–5.

Andersson 1991

Kent Andersson. „Skandinaviens guldfynd från romersk tid som indikatorer på politiska och/eller ekonomiska centra“. In *Samfundsorganisation og Regional Variation. Norden i romersk jernalder og folkvandringstid*. Hrsg. von Ch. Fabech und J. Ringtved. Aarhus: Aarhus Universitetsforlag, 1991, 213–231.

Arlinghaus 1985

Sandra Lach Arlinghaus. „Fractals Take a Central Place“. *Geografiska Annaler* 67B (1985), 83–88.

Backhaus u. a. 2000

Klaus Backhaus, Bernd Erichson, Wulff Plinke und Rolf Weiber. *Multivariate Analysemethoden*. Berlin, Heidelberg und New York: Springer, 2000.

Baipakov 2008

Carl M. Baipakov. *Settlements of Sakaes and Usuns on the Territory of Jetysay and Almaty*. Almaty: Almaty, 2008.

Balzer 2009

Wolfgang Balzer. *Die Wissenschaft und ihre Methoden*. Freiburg und München: Karl Alber, 2009.

Barnes 2012

Trevor J. Barnes. „Reopke Lecture in Economic Geography: Notes from the Underground: Why the History of Economic Geography Matters: The Case of Central Place Theory“. *Economic Geography* 88/1 (2012), 1–16.

Batagelj 1989

Vladimir Batagelj. „Similarity Measures between Structured Objects“. In *Proceedings MATH/CHEM/COMP 1988*. Hrsg. von A. Graovac. Studies in Physical and Theoretical Chemistry 63. Amsterdam: Elsevier, 1989, 25–40.

Baur und Benkert 2005

Michael Baur und Marc Benkert. „Network Comparison“. In *Network Analysis*. Hrsg. von U. Brandes und T. Erlebach. Berlin: Springer, 2005, 318–340.

Bays 2001

Timothy Bays. „On Tarski on Models“. *Journal of Symbolic Logic* 66 (2001), 1701–1726.

Bebermeier, Alexanian u. a. 2011

Wiebke Bebermeier, Nicole Alexanian, Dirk Blaschta, Arne Ramisch, Brigitta Schütt und Stephan J. Seidlmayer. „Analysis of Past and Present Landscapes Surrounding the Necropolis of Dahsur“. *Die Erde* 3 (2011), 325–352.

Bebermeier, Hoelzmann u. a. 2009

Wiebke Bebermeier, Philipp Hoelzmann, Michael Meyer, Stefan Schimpf, Brigitta Schütt und Martin Wetzel. „Die Siedlungsgeschichte des Südharzvorlandes“. *Fundiert – Wissenschaftsmagazin der Freien Universität Berlin* 01 (2009), 32–37.

N. Becker 2005

Nathalie Becker. „Relationer i det medeltida landskapet“. In *Byarnas bönder. Medeltida samhällsförändring i Västskåne*. Hrsg. von M. Mogren. Lund: Riksantikvarieämbetet, 2005, 214–277.

Beckers und Konrad 2010

Brian Beckers und Christoph B. Konrad. „Resafa, Rusafat Hisham, Syrien. Archäologie und Prospektionen. Palastanlagen, Paläoumwelt und Wasserwirtschaftssystem“. *Jahrbuch Masterstudium Denkmalpflege der TU Berlin* (2010), 38.

Beilke-Vogt 2010

Ines Beilke-Vogt. „Methodische Überlegungen zu bronze-/früheisenzeitlichen Zentralorten mit Bezug auf den Burgwall von Lossow bei Frankfurt (Oder)“. In *Zwischen Fjorden und Steppe. Festschrift für Johan Callmer zum 65. Geburtstag*. Hrsg. von C. Theune, R. Biermann F. and Struwe und G. H. Jeute. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2010, 41–56.

Beilke-Vogt 2014

I. Beilke-Vogt. *Das jungbronze-/früheisenzeitliche Burgzentrum von Lossow. Ergebnisse der Ausgrabungen 2008 und 2009*. Bd. 8. Materialien zur Archäologie in Brandenburg. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2014.

Beilke-Vogt 2007

Ines Beilke-Vogt. „Der Spätbronze-/früheisenzeitliche Burgwall von Lossow/Frankfurt (Oder) – Zu den geplanten Neuuntersuchungen an einer altbekannten Fundstätte“. In *Aedificatio terrae. Beiträge zur Umwelt- und Siedlungsarchäologie Mitteleuropas. Festschrift für Eike Gringmuth-Dallmer zum 65. Geburtstag*. Hrsg. von G. H. Jeute, J. Schneeweiß und C. Theune. Bd. 26. Internationale Archäologie – Studia honoraria. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2007, 41–50.

Beilke-Vogt 2009

Ines Beilke-Vogt. „Das DFG-Projekt Burgwall und Kultplatz von Lossow, Stadt Frankfurt (Oder)“. *Archäologie in Berlin und Brandenburg* (2009), 40–42.

Beilke-Vogt 2010a

Ines Beilke-Vogt. „Alt bekannt und neu untersucht. Zum aktuellen Forschungsprojekt und ersten Ergebnissen“. In *Lossow. Alte Forschungen und neue Projekte*. Hrsg. von I. Beilke-Vogt und F. Schopper. Bd. 4. Materialien zur Archäologie in Brandenburg. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2010, 60–74.

Beilke-Vogt 2010b

Ines Beilke-Vogt. „Der Widder von Lossow – ein langer Weg in den Norden“. *Biskupin* 7–9 (2010), 145–148.

Beilke-Vogt 2010c

Ines Beilke-Vogt. „Wilhelm Unverzagt und die Grabungen auf dem Burgwall 1926 bis 1929. Archivalien berichten“. In *Lossow. Alte Forschungen und neue Projekte. Materialien zur Archäologie in Brandenburg*. Hrsg. von I. Beilke-Vogt und F. Schopper. Bd. 4. Materialien zur Archäologie in Brandenburg. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2010, 31–59.

Beilke-Vogt und Schopper 2010a

Ines Beilke-Vogt und Franz Schopper. „Bibliografie zum Burgwall von Lossow“. In *Lossow. Alte Forschungen und neue Projekte*. Hrsg. von I. Beilke-Vogt und F. Schopper. Bd. 4. Materialien zur Archäologie in Brandenburg. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2010, 99–102.

Beilke-Voigt und Schopper 2010b

Ines Beilke-Voigt und Franz Schopper. *Lossow I. Alte Forschungen und neue Projekte*. Bd. 4. Materialien zur Archäologie in Brandenburg. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2010.

Beilke-Voigt und Schopper 2010c

Ines Beilke-Voigt und Franz Schopper. „Sichelhalssringe aus Neu Lebus (Polen) sowie Hohenwalde und Lossow, Stadt Frankfurt (Oder)“. *Archäologie in Berlin und Brandenburg* 2008 (2010), 47–49.

Benecke 1995

Norbert Benecke. „Neue archäozoologische Forschungen am Burgwall von Lossow, Ortsteil von Frankfurt/Oder. Einige vorläufige Ergebnisse“. *Acta Praehistorica et Archaeologica* 26/27 (1995), 14–23.

Berking, Beckers und Schütt 2010

Jonas Berking, Brian Beckers und Brigitta Schütt. „A Comparative Approach to Estimate the (Palaeo-) Runoff in Two Semi-arid Watersheds in a Geoarcheological Context: A Case Study of Naga, Sudan, and Resafa, Syria (2010)“. *Geoarchaeology* 25.6 (2010), 815–836.

Berking und Schütt 2011a

Jonas Berking und Brigitta Schütt. „Geoarcheology and Chronostratigraphy in the Vicinity of Meroitic Naga in Northern Sudan – a Review“. *eTopoi Journal for Ancient Studies* 1 (2011), 23–43.

Berking und Schütt 2011b

Jonas Berking und Brigitta Schütt. „Late Quaternary Morphodynamics in the Area of the Meroitic Settlement Naga, Central Sudan“. *Zeitschrift für Geomorphologie* 55–3 (2011), 1–24.

Berry und Garrison 1958a

Brian J. L. Berry und William L. Garrison. „A Note on Central Place Theory and the Range of a Good“. *Economic Geography* 34 (1958), 304–311.

Berry und Garrison 1958b

Brian J. L. Berry und William L. Garrison. „Alternate Explanations of Urban Rank-Size Relationships“. *Annals of the Association of American Geographers* 48 (1958), 83–91.

Berry und Garrison 1958c

Brian J. L. Berry und William L. Garrison. „Functional Bases of the Central Place Hierarchy“. *Economic Geography* 34 (1958), 145–154.

Bettinger, Malhi und McCarthy 1997

Robert L. Bettinger, Ripan Malhi und Helen McCarthy. „Central Place Models of Acorn and Mussel Processing“. *Journal of Archaeological Science* 24 (1997), 887–899.

Biel 1985

Jörg Biel. *Der Keltenfürst von Hochdorf*. Stuttgart: Theiss, 1985.

Bird und Bliege Bird 1997

Douglas W. Bird und Rebecca Bliege Bird. „Contemporary Shellfish Gathering Strategies among the Meriam of the Torres Strait Islands, Australia: Testing Predictions of a Central Place Foraging Model“. *Journal of Archaeological Science* 24 (1997), 9–63.

Bivand, Pebesma und Gómez-Rubio 2008

Roger S. Bivand, Edzer J. Pebesma und Virgilio Gómez-Rubio. *Applied Spatial Data Analysis with R*. New York: Springer, 2008.

Blättermann u. a. 2012

Maik Blättermann, Manfred Frechen, Anton Gass, Philipp R. Hoelzmann, Hermann Parzinger und Brigitta Schütt. „Late Holocene Landscape Reconstruction in the Land of Seven Rivers, Kazakhstan“. *Quaternary International* 251 (2012), 42–51.

Bleile 2008

Ralf Bleile. *Quetzin – eine spätslawische Burg auf der Koblinsel im Plauer See. Befunde und Funde zur Problematik slawischer Inselnutzungen in Mecklenburg-Vorpommern*. Bd. 48. Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mecklenburg-Vorpommerns. Schwerin: Landesarchäologie Mecklenburg-Vorpommern, 2008.

Blotevogel 1975

Hans. H. Blotevogel. *Zentrale Orte und Raumbeziehungen in Westfalen vor der Industrialisierung*. Paderborn: Schöningh, 1975.

Bobek 1966

Hans Bobek. „Aspekte der zentralörtlichen Gliederung Österreichs“. *Berichte zur Raumforschung und Raumplanung* 10 (1966), 114–129.

Bobek 1969

Hans Bobek. „Die Theorie der zentralen Orte im Industriezeitalter“. In *Deutscher Geographentag Bad Godesberg 2. bis 5. Oktober 1967. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen*. Wiesbaden: Steiner, 1969, 199–213.

Bonacich 1987

Phillip Bonacich. „Power and Centrality: A Family of Measures“. *American Journal of Sociology* 92 (1987), 1170–1182.

Bonacich und Lloyd 2001

Phillip Bonacich und Paulette Lloyd. „Eigenvector-like Measures of Centrality for Asymmetric Relations“. *Social Networks* 23 (2001), 191–201.

Borgatti 2005

Stephen P. Borgatti. „Centrality and Network Flow“. *Social Networks* 27 (2005), 55–71.

Bortz 1984

Jürgen Bortz. *Lehrbuch der Statistik*. Berlin: Springer, 1984.

von Böventer 1964

Edwin von Böventer. „Raumwirtschaftstheorie. Nutzen – Reparationen“. In *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften* 8. Hrsg. von E. v. Beckerath. Stuttgart: G. Fischer, 1964, 704–728.

Brandes und Erlebach 2005

U. Brandes und T. Erlebach, Hrsg. *Network Analysis*. Berlin und Heidelberg: Springer, 2005.

Brands 2002

Gunnar Brands. *Resafa VI. Die Bauornamentik von Resafa-Sergiupolis. Studien zur spätantiken Architektur und Bauausstattung in Syrien und Nordmesopotamien*. Mainz: Deutsches Archäologisches Institut, 2002.

Brink 1996

Stefan Brink. „Political and Social Structures in Early Scandinavia“. *Tor* 28 (1996), 235–281.

Brinker 1991

Werner Brinker. „Zur Wasserversorgung von Resafa-Sergiupolis“. *Damaszener Mitteilungen* 5 (1991), 119–146.

Bronstein und Semendjajew 1989

Ilja N. Bronstein und Konstantin A. Semendjajew. *Taschenbuch der Mathematik*. Frankfurt a. M.: Harri Deutsch, 1989.

Brown und Witschey 2003

Clifford T. Brown und Walter R. T. Witschey. „The Fractal Geometry of Ancient Maya Settlement“. *Journal Archaeological Science* 30 (2003), 1619–1632.

Brumlich 2006

Markolf Brumlich. „Essen rauchten und Hämmer klangen. Latènezeitliche Eisenverhüttung und -verarbeitung auf dem Teltow“. *Archäologie in Berlin u. Brandenburg* 2005 (2006), 78–80.

Brumlich 2010

Markolf Brumlich. „Eisenverhüttung und -verarbeitung in der vorrömischen Eisenzeit. Funde von der Hochfläche des Teltow“. In *Haus – Gehöft – Weiler – Dorf. Siedlungen der Vorrömischen Eisenzeit im nördlichen Mitteleuropa*. Hrsg. von M. Meyer. Bd. 8. Berliner Archäologische Forsch. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2010, 61–84.

Brun 1988

Patrice Brun. „Les ‚résidences princières‘ comme centres territoriaux: éléments de vérification“. In *Les princes celtes et la Méditerranée. Actes du colloque Paris 1987. Rencontres de l'école du Louvre*. Hrsg. von J. P. Mohen, A. Duval und C. Eluère. Paris: La Documentation Française, 1988, 128–143.

Brun 2002

Patrice Brun. „Territoire et Agglomérations chez les Suessiones“. In *Territoires celtiques. Espaces ethniques et territoires des agglomérations protohistoriques d'Europe occidentale. Actes du XXIVe colloque international de l'AFEAF, Martigues, 1–4 juin 2000*. Hrsg. von D. Garcia und F. Verdin. Paris: Editions Errance, 2002, 306–314.

Brun 2006

Patrice Brun. „Pur une archéologie des réseaux locaux. Les outils d'analyse et les problèmes d'échelles spatiales et temporelles“. *Les nouvelles de l'archéologie* 104-105 (2006), 7–12.

Bülow 2007

Gerda von Bülow. „Neue Untersuchungen im Palast des Kaisers Galerius – Felix Romuliana (Gamzigrad)“. In *Roms Erbe auf dem Balkan. Spätantike Kaiservillen und Stadtanlagen in Serbien*. Hrsg. von U. Brandl und M. Vasić. Mainz: Philipp von Zabern, 2007, 54–57.

- Bunge 1962**
William Bunge. *Theoretical Geography*. Lund Studies in Geography Series C. General and Mathematical Geography. Lund: Gleerup, 1962.
- Burghardt 1971**
Andrew F. Burghardt. „A Hypothesis about Gateway Cities“. *Annals of the Association of American Geographers* 61 (1971), 269–285.
- von Carnap-Bornheim 2007**
Claus von Carnap-Bornheim. „Neue Forschungen in Haithabu“. In *Die Schleiregion. Land – Wasser – Geschichte*. Hrsg. von C. v. Carnap-Bornheim und M. Segschneider. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland 49. Stuttgart: Theiss, 2007, 67–73.
- Chang und Grigoriev 1999**
Claudia Chang und Fedor P. Grigoriev. „A Preliminary Report of the 1994–1996 Field Seasons at Tuzusaj, an Iron Age Site (ca. 400 BC–100 AD) in Southeastern Kazakhstan“. *Eurasia Antiqua* 5 (1999), 391–410.
- Chaume 2001**
Bruno Chaume. *Vix et son territoire à l'Age du Fer*. Bd. 6. Protohistoire Européenne. Montagnac: Monique Mergoïl, 2001.
- Christaller 1933**
Walter Christaller. *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1933.
- Clark und Hagemeyer 2007**
J. T. Clark und E. M. Hagemeyer, Hrsg. *Digital Discovery. Exploring New Frontiers in Human Heritage*. Bd. 2006. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Budapest, 2007. Kap. Watersheds as a Method for Reconstructing Regions and Territories in GIS, 176–182.
- Clarke 1968**
David L. Clarke. *Analytical Archaeology*. London: Methuen, 1968.
- Clarke 1972**
David L. Clarke. „Models and Paradigms in Contemporary Archaeology“. In *Models in Archaeology*. Hrsg. von D. L. Clarke. London: Methuen, 1972.
- Clarke 1978**
David L. Clarke. *Analytical Archaeology*. London: Methuen, 1978.
- Clauset, Shalizi und Newman 2005**
Aaron Clauset, Cosma R. Shalizi und M. E. J. Newman. „Power-law Distributions in Empirical Data“. *Contemporary Physics* 46 (2005), 323–351.
- Collis 1984**
John Collis. *Oppida, the Earliest Towns North of the Alps*. Sheffield: Department of Prehistory, 1984.
- Collis 2010**
John Collis. „Zentralisierung und Urbanisierung in Europa nördlich der Alpen während der Eisenzeit“. In *„Fürstentum“ und Zentralorte der frühen Kelten. Abschlusskolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Stuttgart, 12.–15. Oktober 2009. Teil 1*. Hrsg. von D. Krause und D. Beilharz. Stuttgart: Theiss, 2010, 77–91.
- Corcoran 1996**
Simon Corcoran. *The Empire of the Tetrarchs. Imperial Pronouncements and Government AD 284–324*. Oxford: Clarendon Press, 1996.
- Crumley 1995**
Carole L. Crumley. „Heterarchy and the Analysis of Complex Societies“. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association* 7 (1995), 1–5.
- Crumley 2005**
Carole L. Crumley. „Remember How to Organize: Heterarchy Across Disciplines“. In *Nonlinear Models for Archaeology and Anthropology*. Hrsg. von C. S. Beekman und W. S. Baden. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, 2005, 35–50.
- Cunliffe 1974**
Barry Cunliffe. *Iron Age Communities in Britain*. London und Boston: Routledge & Paul, 1974.
- Cutsem 1994**
B. Van Cutsem, Hrsg. *Classification and Dissimilarity Analysis*. New York: Springer, 1994.
- Dally 2007**
Ortwin Dally. „Taganrog und sein Umland (Russische Förderation)“. *Deutsches Archäologisches Institut Jahresbericht* (2007), 6–9.

Dally u. a. 2009

Ortwin Dally, Regina Attula, Helmut Brückner, Daniel Kelterbaum, Pavel A. Larenok, Reinder Neef und Torsten Schunke. „Die Griechen am Don – Ergebnisse der deutsch-russischen Ausgrabungen in Taganrog und Umgebung“. *Archäologischer Anzeiger* 1 (2009), 73–119.

Del Fabbro 2012

Roswitha Del Fabbro. „The Roads from and to Aleppo: Some Historical-geographical Considerations in Light of New Archaeological Data“. In *Leggo! Studies Presented to Frederick Mario Fales on the Occasion of His 65th Birthday*. Hrsg. von G. Lanfranci, D. Morandi Bonacossi, C. Pappi und S. Ponzchia. Wiesbaden: Harrassowitz Verlag, 2012, 201–222.

Denecke 1973

Dietrich Denecke. „Der geographische Stadtbegriff und die räumlich-funktionale Betrachtungsweise bei Siedlungstypen mit zentraler Bedeutung in Anwendung auf historische Siedlungsepochen“. In *Vor- und Frühformen der europäischen Stadt im Mittelalter*. Hrsg. von H. Jankuhn, W. Schleswinger und H. Steuer. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1973, 33–55.

Denecke 2004

Dietrich Denecke. „Zentrale und periphere Räume und Standorte in der Kulturlandschaft: Der östliche Ostseeraum in historisch-geographischer Perspektive“. *Siedlungsforschung* 22 (2004), 7–32.

Diestel 2006

Reinhard Diestel. *Graphentheorie*. Berlin und Heidelberg: Springer, 2006.

Dobat 2001

Andres S. Dobat. „Hedeby and its Maritime Hinterland. The Schlei Fjord as an Early Medieval Communication Route“. *Jahrbuch Bodendenkmalpflege Mecklenburg-Vorpommern* 51 (2001), 419–435.

Döring 2010

Jörg Döring. „Spatial Turn“. In *Raum. Ein interdisziplinäres Handbuch*. Hrsg. von S. Günzel. Stuttgart und Weimar: Metzler, 2010, 90–99.

Döring und Thielmann 2008

Jörg Döring und Tristan Thielmann. *Spatial Turn. Das Raumparadigma in den Kultur- und Sozialwissenschaften*. Bielefeld: Transcript, 2008.

Ducke und Kroefges 2008

Benjamin Ducke und Peter C. Kroefges. „From Points to Areas: Constructing Territories from Archaeological Site Patterns Using an Enhanced Xtent Model“. In *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. Hrsg. von A. Posluschny, K. Lambers und I. Herzog. Bd. 10. Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte. Bonn: Habelt, 2008, 245–251.

Eck, Garcke und Knabner 2008

Christof Eck, Harald Garcke und Peter Knabner. *Mathematische Modellierung*. Berlin und Heidelberg: Springer, 2008.

Eco 1977

Umberto Eco. *Zeichen. Einführung in einen Begriff und seine Geschichte*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, 1977.

Eggert 2007

Manfred K. H. Eggert. „Wirtschaft und Gesellschaft im früheisenzeitlichen Mitteleuropa: Überlegungen zum ‚Fürstenphänomen‘“. *Fundberichte Baden-Württemberg* 29 (2007), 255–302.

Einstein 1988

Albert Einstein. *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*. Braunschweig: Vieweg, 1988.

Endruweit 2004

Günter Endruweit. *Organisationssoziologie*. Stuttgart: Lucius Lucius, 2004.

Everitt u. a. 2011

Brian S. Everitt, Sabine Landau, Morven Leese und Daniel Stahl. *Cluster Analysis*. Chichester: Wiley, 2011.

Fabech und J. Ringtved 1991

C. Fabech und J. J. Ringtved, Hrsg. *Samfundsorganisation og Regional Variation. Norden i romersk jernalder og folkevandringstid*. Aarhus: Jysk Arkaeologisk Selskab, 1991.

- Fabech 1993**
Charlotte Fabech. „Skåne – et kulturelt og geografisk grænseland i yngre jernalder og i nutiden“. *Tor* 25 (1993), 201–245.
- Fabech 1995**
Charlotte Fabech. „Magtens geografi i Sydskandinavien“. In *Produksjon og samfunn. Om erverv, spesialisering og bosetning i Norden i 1. årtusind e. Kr. Nordiske jernaldersymposium 2, Granavolden, 1992*. Hrsg. von H. G. Resi. Oslo: Universitetets Oldsaksamling, 1995, 11–37.
- Fahlander und Oestigaard 2004**
F. Fahlander und T. Oestigaard, Hrsg. *Material Culture and Other Things*. Göteborg: Department of Archaeology, University of Gothenburg, 2004.
- Fehn 1970**
Klaus Fehn. *Die zentralörtlichen Funktionen früher Zentren in Albayern. Raumbindende Umlandbeziehungen im bayerisch-österreichischen Altsiedelland von der Spätlatènezeit bis zum Ende des Hochmittelalters*. Wiesbaden: Steiner, 1970.
- Fehn 2008**
Klaus Fehn. „Walter Christaller und die Raumplanung in der NS-Zeit“. *Siedlungsforschung, Archäologie – Geschichte – Geographie* 26 (2008), 215–234.
- Fetter 1924**
Frank A. Fetter. „The Economic Law of Market Areas“. *The Quarterly Journal of Economics* 38/3 (1924), 520–529.
- Feveile 2006**
C. Feveile, Hrsg. *Ribe Studier. Det Aeldste Ribe: Udgravninger på nordsiden af Ribe A 1984–2000*. Højbjerg: Universitetsforlag, 2006.
- Forster 1984**
O. Forster. *Analysis 2. Differentialrechnung im IRn, gewöhnliche Differentialgleichungen*. Braunschweig: Vieweg, 1984.
- Fotheringham und O’Kelly 1989**
A. Stewart Fotheringham und Morton E. O’Kelly. *Spatial Interaction Models: Formulations and Applications*. London: Kluwer Academic Publishers, 1989.
- Freeman 1978/1979**
Linton C. Freeman. „Centrality in Social Networks – Conceptual Clarification“. *Social networks* 1 (1978/1979), 215–239.
- Freeman 1977**
Linton C. Freeman. „A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness“. *Sociometry* 40 (1977), 35–41.
- Frehse und Schopper 2009**
Daniela Frehse und Franz Schopper. „Dem Boden entrissen. Ein Bronzering aus Lossow oder Guldendorf, Stadt Frankfurt (Oder)“. *Archäologie in Berlin u. Brandenburg* 2007 (2009), 80–81.
- Fujita, Krugman und Venables 1999**
Masahisa Fujita, Paul R. Krugman und Anthony J. Venables. *The Spatial Economy*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- Gaertler 2005**
Marco Gaertler. „Clustering“. In *Network Analysis*. Hrsg. von U. Brandes und T. Erlebach. Berlin: Springer, 2005, 178–215.
- Garcia und Verdin 2002**
D. Garcia und F. Verdin, Hrsg. *Territoires celtiques. Espaces ethniques et territoires des agglomérations proto-historiques d’Europe occidentale. Actes du XXIV colloque international de l’AFEAF, Martigues 2000*. Paris: Ed. Errance, 2002.
- Gass 2011a**
Anton Gass. „Early Iron Age Burials in Southeastern Zhetysay: The Geoarchaeological Evidence“. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia* 39.3 (2011), 57–69.
- Gass 2011b**
Anton Gass. „Einige Aspekte der archäologischen und geoarchäologischen Untersuchungen der Früheisenzeit im Siebenstromland/ Kasachstan“. In *Der Schwarzmeerraum vom Äneolithikum bis in die Früheisenzeit (5000–500 v. Chr.)*. Bd. 2 *Globale Entwicklung versus Lokalgeschehen. Internationale Fachtagung von Humboldtianern für Humboldtianer im Humboldt-Kolleg in Chişinău, Moldavien (4.–8. Oktober 2010)*. Hrsg. von E. Sava, B. Govedarica und B. Hänsel. Bd. 27. Prähistorische Archäologie in Südosteuropa. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2011, 209–225.

Gass 2016a

Anton Gass. „Archäologische und geoarchäologische Untersuchungen im Siebenstromland“. In *Tumulus as Sema. Space, Politics, Culture and Religion in the First Millenium BC*. Hrsg. von U. Kelp und O. Henry. Bd. 27. Berlin Studies of the Ancient World. Berlin und Boston: De Gruyter, 2016, 705–717.

Gass 2016b

Anton Gass. *Das Siebenstromland zwischen Bronze- und Früheisenzeit. Eine Regionalstudie*. Bd. 28. Berlin Studies of the Ancient World. Berlin und Boston: De Gruyter, 2016.

Gatier und Ulbert 1991

Pierre-L. Gatier und Thilo Ulbert. „Eine Türsturzschrift aus Resafa-Sergiupolis“. *Damaszener Mitteilungen* 5 (1991), 169–182.

Geisler 1969

Horst Geisler. „Notbergung auf dem Burgwall bei Lossow, Kr. Eisenhüttenstadt“. *Ausgrabungen und Funde* 14 (1969), 132–140.

Geisler 1978

Horst Geisler. „Die Opferschächte von Frankfurt/O.-Lossow“. In *Mitteuropäische Bronzezeit. Beiträge zur Archäologie und Geschichte. VIII. Tagung der Fachgruppe Ur- und Frühgeschichte vom 24. bis 26. April 1975 in Dresden*. Hrsg. von W. Colblenz und F. Horst. Berlin: Akademischer Verlag, 1978, 307–313.

Geisler 1980

Horst Geisler. „Hinweise auf Bronzeverarbeitung vom Burgwall Frankfurt/O.-Lossow“. *Ausgrabungen und Funde* 25 (1980), 77–78.

Geisler 1986

Horst Geisler. „Spätbronzezeitliche Tongussformen von Frankfurt/O.-Lossow“. *Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam* 20 (1986), 235–236.

Geisler und Griesa 1982

Horst Geisler und Siegfried Griesa. „Neue Forschungsergebnisse auf dem Burgwall Frankfurt/O.-Lossow“. *Ausgrabungen und Funde* 27 (1982), 272–274.

Gordon 2010

Ian Gordon. „Entropy, Variety, Economics, and Spatial Interaction“. *Geographical Analysis* 42 (2010), 446–471.

Gower und Legendre 1986

John C. Gower und Pierre Legendre. „Metric and Euclidean Properties of Dissimilarity Coefficients“. *Journal of Classification* 3 (1986), 5–48.

Gradmann 1916

Robert Gradmann. „Schwäbische Städte“. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin* (1916), 425–457.

Gradmann 1931

Robert Gradmann. *Süddeutschland*. Stuttgart: Engelhorn, 1931.

Granovetter 1974

Mark Granovetter. *Getting a Job. A Study of Contacts and Careers*. Chicago: Harvard University Press, 1974.

Griesa 1965

Siegfried Griesa. „Einiges zur Besiedlung vor dem Burgwall von Lossow, Kr. Eisenhüttenstadt“. *Ausgrabungen und Funde* 10 (1965), 138–140.

Griesa 1982a

Siegfried Griesa. *Die Göritzer Gruppe*. Bd. 16. Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1982.

Griesa 1982b

Siegfried Griesa. „Ergebnisse und Probleme der Feldforschung auf dem Burgwall von Lossow“. In *Beiträge zum bronzezeitlichen Burgenbau in Mitteleuropa*. Hrsg. von B. Chropovský und J. Herrman. Berlin und Nitra: Zentralinstitut für Alte Geschichte und Archäologie der Akademie der Wissenschaften der DDR, 1982, 221–228.

Griesa 1986

Siegfried Griesa. „Neues aus der Alten Welt. Information über die Ausgrabungen von Frankfurt/Oder-Lossow“. *Altertum* 32.1 (1986), 63–64.

- Griesa 1989**
Siegfried Griesa. „Lossow, Ot. Von Frankfurt (Oder)“. In *Archäologie in der Deutschen Demokratischen Republik. Denkmale und Funde. Bd. 2, Fundorte und Funde*. Hrsg. von J. Herrmann und H. Brachmann. Stuttgart: Theiss, 1989, 444–446.
- Griesa 1995a**
Siegfried Griesa. „Der früheisenzeitliche Kultplatz auf der Burgwallanlage von Frankfurt (Oder)-Lossow“. *Frankfurter Jahrbücher* (1995), 21–31.
- Griesa 1995b**
Siegfried Griesa. „Die Ausgrabungen von Wilhelm Unverzagt auf dem Burgwall Lossow 1926 bis 1929“. *Acta Praehistorica et Archaeologica* 26/27 (1995), 7–13.
- Griesa 2000**
Siegfried Griesa. „Die Burgwallanlage von Lossow“. In *Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg 7: Frankfurt (Oder) – Eisenhüttenstadt*. Berlin: Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg, 2000, 175–182.
- Grimm 2006**
Oliver Grimm. *Großbootshaus. Zentrum und Herrschaft. Zentralplatzforschung in der nordeuropäischen Archäologie (1.–15. Jahrhundert)*. Bd. 52. Reallexikon der Germanischen Altertumskunde, Ergänzungsband. Berlin: De Gruyter, 2006.
- Grimm 2009**
Oliver Grimm. „Verkehr, Transport und Handel in Norwegen und Böhmen in einer Langzeitperspektive“. *Archäologische Informationen* 21 (2009), 55–68.
- Grimm 2010a**
Oliver Grimm. „Response to case study 1: Power Formation and the Rise of Central Places in the Elbe-Weser Region and the Coastal Area of the Northern Netherlands – A Comparison“. In *Trade and Communication Networks of the 1st Millennium AD in the Northern Part of Central Europe. Central Places, Beach Markets, Landing Places and Trading Centres*. Hrsg. von M. Hardt, H. Jöns, S. Kleingärtner, B. Ludowici und J. J. Scheschkewitz. Neue Studien zur Sachsenforschung. Hannover: Niedersächsisches Landesmuseum Hannover, 2010, 90–100.
- Grimm 2010b**
Oliver Grimm. *Roman Period Court Sites in South-Western Norway – A Social Organisation in an International Perspective*. Bd. 22. AmS-Skrifter. Stavanger: Arkeologisk Museum, Universitet Stavanger, 2010.
- Grimm 2010c**
Oliver Grimm. „Traffic-related Reflections on Norway’s Prehistory and Some Remarks about Sweden“. In *Trade and Communication Networks of the 1st Millennium AD in the Northern Part of Central Europe. Central Places, Beach Markets, Landing Places and Trading Centres*. Hrsg. von M. Hardt, H. Jöns, S. Kleingärtner, B. Ludowici und J. Scheschkewitz. Neue Studien zur Sachsenforschung. Hannover: Niedersächsisches Landesmuseum Hannover, 2010, 315–327.
- Gringmuth-Dallmer 1996**
Eike Gringmuth-Dallmer. „Kulturlandschaftsmuster und Siedlungssysteme“. *Siedlungsforschung. Archäologie – Geschichte – Geographie* 14 (1996), 7–31.
- Gringmuth-Dallmer 2011**
Eike Gringmuth-Dallmer. „Zentren unterschiedlichen Ranges im nordwestslawischen Gebiet“. In *Frühgeschichtliche Zentralorte in Mitteleuropa*. Hrsg. von J. Macháček und Š. Ungerman. Studien zur Archäologie Europas 14. Bonn: Habelt, 2011, 431–440.
- Güßfeld 2005**
Jörg Güßfeld. *Die Raumwirtschaftstheorien von Christaller und Lösch aus der Sicht von Wirtschaftsgeographie und ‚New Economic Geography‘*. Göttingen: Goltze, 2005.
- Gussone und Müller-Wiener 2012**
Martin Gussone und Martina Müller-Wiener. „Resafa-Rusafat Hisham, Syria. ‚Long-term survival‘ of an Umayyad Residence – First results of the Extended Surface Survey“. In *Proceedings of the 7th International Congress of the Archaeology of the Ancient Near East, 12 April–16 April 2010, in London*. Hrsg. von J. Curtis R. Matthews. Wiesbaden, 2012, 569–584.
- Gustafson 1973**
Knut Gustafson. *Grundlagen der Zentralitätsbestimmung dargestellt am Beispiel der Region Westküste Schleswig-Holstein*. Hannover: Jänecke, 1973.

Hägerstrand 1952

Torsten Hägerstrand. *The Propagation of Innovation Waves*. Lund Studies in Geography 4. Lund: University of Lund, Department of Geography, 1952.

Hägerstrand 1970

Torsten Hägerstrand. „What About People in Regional Science?“ *Papers and Proceedings of the Regional Science Association* 24 (1970), 7–21.

Haggett 1965

Peter Haggett. *Locational Analysis in Human Geography*. London: Arnold, 1965.

Haggett 1973

Peter Haggett. *Einführung in die kultur- und sozial-geographische Regionalanalyse*. Berlin und New York: De Gruyter, 1973.

Haggett 2004

Peter Haggett. *Geographie. Eine globale Synthese*. Stuttgart: Ulmer, 2004.

Haggett und Chorley 1969

Peter Haggett und Richard J. Chorley. *Network Analysis in Geography*. London: Arnold, 1969.

Hake 1982

Günter Hake. *Kartographie 1*. Berlin und New York: De Gruyter, 1982.

Handl, Knowles und Kell 2005

Julia Handl, Joshua Knowles und Douglas B. Kell. „Computational Cluster Validation in Post-genomic Data Analysis“. *Bioinformatics* 21 (2005), 3201–3212.

Hanneman und Riddle 2005

Robert A. Hanneman und Mark Riddle. *Introduction to Social Network Methods*. University of California, Riverside, Department of Sociology, Riverside, CA. 2005. URL: http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/Introduction_to_Social_Network_Methods.pdf (besucht am 19.03.2019).

A. S. Hansen 2003

Astrid S. Hansen. „Central-pladser i romersk jernalder“. *Kuml* (2003), 179–211.

K. P. Hansen 2003

Klaus P. Hansen. *Kultur und Kulturwissenschaft*. Tübingen: Francke, 2003.

K. P. Hansen 2009

Klaus P. Hansen. „Kultur und Kollektiv: Eine essayistische Heuristik für Archäologen“. In *Kulturräum und Territorialität: Archäologische Theorien, Methoden, Fallbeispiele*. *Kolloquium des DFG-SPP 1171 Esslingen 17.–18. Januar 2007*. *Internationale Archäologie – Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress* 13. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2009, 15–23.

Hårdh und Larsson 2002

B. Hårdh und L. Larsson, Hrsg. *Central Places in the Migration and Merovingian Periods*. Lund: Almqvist & Wiksell International, 2002.

Hårdh 2010

Brigitta Hårdh. „Case study 2: Uppåkra – Lund. A Central Place and a Town? Western Scania in the Viking Age“. In *Trade and Communication Networks of the 1st Millennium AD in the Northern Part of Central Europe. Central Places, Beach Markets, Landing Places and Trading Centres*. Hrsg. von B. Ludowici. Stuttgart: Theiss, 2010, 101–111.

Härke 1979

Heinrich Härke. *Settlement Types and Patterns in the West Hallstatt Province*. Bd. 57. BAR Internat. Series. Oxford: British Archaeological Reports, 1979.

Härke 1983

Heinrich Härke. „Höhensiedlungen im Westhallstattkreis – Ein Diskussionsbeitrag“. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 13 (1983), 461–477.

Harris 1964

Britton Harris. „A Note on the Probability of Interaction at a Distance“. *Journal of Regional Science* 5.2 (1964), 31–35.

Hartigan 1975

John A. Hartigan. *Clustering Algorithms*. New York: Wiley, 1975.

Hartigan und Mohanty 1992

John A. Hartigan und Surya Mohanty. „The RUNT Test for Multimodality“. *Journal of Classification* 9 (1992), 63–70.

Haynes und Fotheringham 1984

Kingsley E. Haynes und A. Stewart Fotheringham. *Gravity and Spatial Interaction Models*. Beverly Hills: Sage, 1984.

Heinritz 1979

Günter Heinritz. *Zentralität und zentrale Orte*. Stuttgart: Teubner, 1979.

Heise [unpubliziert]

Christian Heise. „Geoden aus dem Unteren Buntsandstein (Nordhausen Folge) des südlichen Harzvorlandes als potentieller Rohstoff für die eisenzeitliche Verhüttung“. Bachelor-Arbeit, Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften. Berlin 2009. Unpubliziert.

Helgesson 1998

Bertil Helgesson. „Vad är centralt? fenomen och funktion; lokalisering och person“. In *Centrala platser. Centrala frågor. Samhällsstrukturen under Järndåldern. Festschr. B. Stjernquist*. Hrsg. von L. Larsson und B. Hårdt. Bd. 28. Acta Arcaeologica Lundensia. Lund: Almqvist & Wiksell International, 1998, 39–45.

Helly 2000

Bruno Helly. „Modèles géographiques et développement de l'urbanisation en pays grec“. In *Les processus d'urbanisation à l'âge du Fer – Eisenzeitliche Urbanisierungsprozesse*. Hrsg. von S. Sievers u. O. H. Urban V. Guichard. Bd. 4. Collection Bibracte. Glux-en-Glenne: Centre Archéologique Européen du Mont Beuvray, 2000, 13–25.

Hennig und Lucianu 2000

Hilke Hennig und Chris Lucianu. „Zipf, Christaller, Gräberfelder. Sind latente Besiedlungsstrukturen der Hallstattzeit aus der Verteilung der Nekropolen ersichtlich?“ *Archäologisches Korrespondenzblatt* 30 (2000), 527–548.

Herkner 2001

Werner Herkner. *Lehrbuch der Sozialpsychologie*. Bern: Huber, 2001.

Herodot 1984

Herodot. *Neun Bücher der Geschichte. Viertes Buch: Melpomene*. Gütersloh: Phaidon, 1984.

Herschend 1993a

Frands Herschend. „Halle“. *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde* 13 (1993), 414–425.

Herschend 1993b

Frands Herschend. „The Origin of the Hall in Southern Scandinavia“. *Tor* 25 (1993), 175–199.

Herzog 2009

Irmela Herzog. „Analyse von Siedlungsterritorien auf der Basis mathematischer Modelle“. In *Kulturraum und Territorialität: Archäologische Theorien, Methoden, Fallbeispiele. Kolloquium des DFG-SPP 1171 Esslingen 17.–18. Januar 2007. Internationale Archäologie – Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress 13*. Hrsg. von D. Krause und O. Nakoinz. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2009, 71–86.

Heuser 1990

Harro Heuser. *Lehrbuch der Analysis 1*. Stuttgart: Teubner, 1990.

Hilzheimer 1922

Max Hilzheimer. „Die Tierknochen aus den Gruben des Lossower Ringwalls bei Frankfurt a. O.“ *Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften* 5 (1922), 3–73.

Hirth 1978

Kenneth G. Hirth. „Interregional Trade and the Formation of Prehistoric Gateway Communities“. *American Antiquity* 43 (1978), 35–45.

Hodder 1972

Ian Hodder. „Locational Models and the Study of Romano-British Settlement“. In *Models in Archaeology*. Hrsg. von D. L. Clarke. London: Methuen, 1972.

Hodder 1977

Ian Hodder. „The Distribution of Material Culture Items in the Baringo District, Western Kenya“. *Man, New Series* 12 (1977), 239–269.

Hodder und Orton 1976

Ian Hodder und Clive Orton. *Spatial Analysis in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.

Hodges 1993

Wilfrid Hodges. *Model Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

Hodges 1997

Wilfrid Hodges. *A Shorter Model Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

Hof 2016

Catharine Hof. „The Late Roman City Wall of Resafa/Sergiupolis (Syria). Its Evolution and Functional Transition from Representative over Protective to Concealing“. In *Focus on Fortification. New Research on Fortifications in the Ancient Mediterranean and the Near East*. Hrsg. von R. Frederiksen, M. Schnelle, S. Muth und P. Schneider. Oxford: Oxford Books, 2016, 377–392.

Hohenberg und Lees 1996

Paul M. Hohenberg und Lynn H. Lees. *The Making of Urban Europe 1000–1994*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996.

Höppner, Klawonn und Kruse 1997

Frank Höppner, Frank Klawonn und Rudolf Kruse. *Fuzzy-Clusteranalyse*. Braunschweig und Wiesbaden: Vieweg, 1997.

Howard 1920

E. Howard. *Territory in Bird Life*. London: John Murray, 1920.

Hurcombe 2007

Linda M. Hurcombe. *Archaeological Artefacts as Material Culture*. Routledge, 2007.

Isard 1998

Walter Isard. „Gravity and Spatial Interaction Models“. In *Methods of Interregional and Regional Analysis*. Hrsg. von W. Isard, I. J. Azis, M. P. Drennan, R. E. Miller, S. Saltzman und E. Thorbecke. Aldershot: Ashgate, 1998, 243–279.

Jain, Murty und Flynn 1999

Anil K. Jain, M. Narasimha Murty und Patrick J. Flynn. „Data Clustering: A Review“. *ACM Computing Surveys* 31 (1999), 264–323.

Jankuhn 1961

Herbert Jankuhn. „Terra ... Silvis horrida“. *Archäologica Geographica* 10/11 (1961), 19–38.

Jankuhn 1977

Herbert Jankuhn. *Einführung in die Siedlungsarchäologie*. Berlin und New York: De Gruyter, 1977.

Jenks 1967

George F. Jenks. „The Data Model Concept in Statistical Mapping“. *International Yearbook of Cartography* 7 (1967), 186–190.

Johnson 1972

Gregory A. Johnson. „A Test of the Utility of Central Place Theory in Archaeology“. In *Man, Settlement and Urbanism*. Hrsg. von P. Ucko, R. Tringham und G. Dimbleby. London: Duckworth, 1972, 769–785.

Jones 2007

Andrew Jones. *Memory and Material Culture*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Jöns 2002

Hauke Jöns. „Eisenzeitliche und frühmittelalterliche Reichtumszentren, Zenral- und Handelsplätze an der südwestlichen Ostseeküste“. In *Central Places in the Migration and Merovingian Periods*. Hrsg. von B. Hårdh und L. Larsson. Lund: Almqvist & Wiksell International, 2002, 231–246.

Jørgensen 2010

Lars Jørgensen. „Gudme and Tissø. Two Magnats' Complexes in Denmark from the 3rd to the 11th century AD“. In *Trade and Communication Networks of the 1st Millennium AD in the Northern Part of Central Europe. Central Places, Beach Markets, Landing Places and Trading Centres*. Hrsg. von M. Hardt, H. Jöns, S. Kleingärtner, B. Ludowici und J. Scheschkewitz. Neue Studien zur Sachsenforschung. Hannover: Theiss, 2010, 273–286.

Kamermans, Leusen und P. Verhagen 2009

H. Kamermans, M. V. Leusen und P. P. Verhagen, Hrsg. *Archaeological Prediction and Risk Management: Alternatives to Current Practice*. Leiden: Leiden University Press, 2009.

Kang 2007

Soong Moon Kang. „A Note on Measures of Similarity Based on Centrality“. *Social Networks* (2007), 137–142.

Kaufman und Rousseeuw 1990

Leonard Kaufman und Peter J. Rousseeuw. *Finding Groups in Data. An Introduction to Cluster Analysis*. New York: Wiley, 1990.

Kliemann 2000

Vera Kliemann. „Die ur- und frühgeschichtliche Besiedlung des Stadtkreises Frankfurt (Oder)“. *Frankfurter Jahrbücher* (2000), 65–84.

- Knitter u. a. 2014**
Daniel Knitter, Oliver Nakoinz, Roswitha Del Fabbro, Kay Kohlmeyer, Brigitta Schütt und Michael Meyer. „The Centrality of Aleppo and its Environs“. *eTopoi. Journal for Ancient Studies* 3 (2014), 107–127.
- Kohler und van der Leeuw 2007**
T. A. Kohler und S. E. van der Leeuw, Hrsg. *The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems*. Santa Fe: School for Advanced Research Press, 2007.
- Kohlmeyer 2000**
Kay Kohlmeyer. *Der Tempel des Wettergottes von Aleppo*. Münster: Rhema, 2000.
- Kohlmeyer 2008**
Kay Kohlmeyer. „Zur Datierung der Skulpturen von ‘Ain Dara“. In *Fundstellen. Gesammelte Schriften zur Archäologie und Geschichte Altvorderasiens ad honorem Hartmut Kühne*. Hrsg. von D. Bonatz. Wiesbaden: Harrassowitz, 2008, 119–130.
- Kohlmeyer 2009**
Kay Kohlmeyer. „The Temple of the Storm God in Aleppo during the Late Bronze and Early Iron Ages“. *Near Eastern Archaeology* (2009), 190–202.
- Kohlmeyer 2010**
Kay Kohlmeyer. „Building Activities and Architectural Decoration in the 11th Century B.C.“ In *Empires after the Empire: Anatolia, Syria and Assyria after Suppiluliuma (ca. 1200–800/700 B.C.)*. Hrsg. von Karl Strobel. Eothen: Eothen, 2010, 255–280.
- Konrad 2001**
Christoph B. Konrad. *Der spätromische Limes in Syrien. Archäologische Untersuchungen an den Grenzkastellen von Sura, Tetrapyrgium, Cholle und in Resafa*. Mainz: Philipp von Zabern, 2001.
- Konrad, Oberhollenzer und Sack 2012**
Christoph B. Konrad, Ines Oberhollenzer und Dorothee Sack. „The Stucco Decoration of the Palaces (qūṣūr) in the Umayyad Residence Ruṣāfat Hisḥām, Syria. Style and Techniques“. In *1st International Conference of the European Network of Museums of Islamic Art. REMAI Actas, Alhambra 25.-27. April 2012*. Granada, 2012, 527–546.
- Koschützki, Lehmann, Peeters u. a. 2005**
Dirk Koschützki, Katharina A. Lehmann, Leon Peeters, Stefan Richter, Dagmar Tenfelde-Podehl und Oliver Zlotowski. „Centrality Indices“. In *Network Analysis*. Hrsg. von U. Brandes und T. Erlebach. Berlin: Springer, 2005, 16–61.
- Koschützki, Lehmann, Tenfelde-Podehl u. a. 2005**
Dirk Koschützki, Katharina A. Lehmann, Dagmar Tenfelde-Podehl und Oliver Zlotowski. „Advanced Centrality Concepts“. In *Network Analysis*. Hrsg. von U. Brandes und T. Erlebach. Berlin: Springer, 2005, 83–111.
- Kosub 2005**
Sven Kosub. „Local Density“. In *Network Analysis*. Hrsg. von U. Brandes und T. Erlebach. Berlin: Springer, 2005, 112–142.
- Krause 2004**
Dirk Krause. „Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse. Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstensitze und ihres territorialen Umlandes. Ein Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft“. *Archäologisches Nachrichtenblatt* 9 (2004), 359–374.
- Krause und Nakoinz 2000**
Dirk Krause und Oliver Nakoinz. „Binnenkolonisation und Zentralisation. Überlegungen zur latènezeitlichen Besiedlungs- und Bevölkerungsentwicklung im Mittelgebirgsraum nordwestlich der Mosel“. In *Les processus d’urbanisation à l’âge du Fer. [Kongressbericht Glux-en-Glenne 1998]*. Hrsg. von V. Guichard, S. Sievers und O. H. Urban. Bd. 4. Collection Bibracte 4. Glux-en-Glenne: Bibracte, 2000, 127–140.
- Krugman 1995**
Paul R. Krugman. *Development, Geography, and Economic Theory*. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
- Kunow 1988**
Jürgen Kunow. „Zentrale Orte in der Germania Inferior“. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 18 (1988), 55–68.

Kunow und J. Müller 2003

Jürgen Kunow und Johannes Müller, Hrsg. *Landschaftsarchäologie und geographische Informationssysteme. Prognosekarten, Besiedlungsdynamik und prähistorische Raumordnungen. Archäoprognose Brandenburg I.* Wünsdorf: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege, 2003.

Kunow, J. Müller und Schopper 2007

Jürgen Kunow, Johannes Müller und Franz Schopper, Hrsg. *Archäoprognose Brandenburg II.* Bd. 10. Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg. Wünsdorf: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege, 2007.

Lang und Blaschke 2007

Stefan Lang und Thomas Blaschke. *Landschaftsanalyse mit GIS.* Stuttgart: Ulmer, 2007.

Leroi-Gourhan 1964

André Leroi-Gourhan. *Le geste et la parole.* Paris: Michel, 1964.

Liebetrau 1983

Albert M. Liebetrau. *Measures of Association.* Newbury: Sage, 1983.

Lienau 1928

Michael M. Lienau. „Der Burgwall an der Steilen Wand bei Lossow. Diesjähriger erster Original-Bericht im Auftrage der Ausgrabungsleitung.“ *Mannus* 20 (1928), 209–213.

Lienau 1931

Michael M. Lienau. „Der ‚Burgwall von Lossow‘ an der ‚Steilen Wand‘ bei Frankfurt a. d. Oder.“ *Mitteilungen des Historischen Vereins für Heimatkunde Frankfurt/Oder* 32 (1931), 18–24.

Lösch 1940

August Lösch. *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft.* Jena: Fischer, 1940.

Lösch 1954

August Lösch. *The Economics of Location.* New Haven: Yale University Press, 1954.

Löw 2001

Martina Löw. *Raumsoziologie.* Suhrkamp, 2001.

Lüning 1997

Jens Lüning. „Landschaftsarchäologie in Deutschland – Ein Programm.“ *Archäologisches Nachrichtenblatt* 2 (1997), 277–285.

Mackensen 1984

Michael Mackensen. *Resafa I. Eine befestigte spätantike Anlage vor den Stadtmauern von Resafa.* Mainz: Deutsches Archäologisches Institut, 1984.

Mahr 2003

Bernd Mahr. „Modellieren. Beobachtungen und Gedanken zur Geschichte des Modellbegriffs.“ In *Bild – Schrift – Zahl.* Hrsg. von H. Bredekamp und S. Krämer. München: Fink, 2003, 59–86.

Mahr 2004

Bernd Mahr. *Das Wissen im Modell.* Bd. 150. KIT Report. Berlin: Institut für Telekommunikationssysteme, 2004.

Mahr 2006

Bernd Mahr. *Stil und Modell.* Bd. 152. KIT Report. Berlin: Institut für Telekommunikationssysteme, 2006.

Mahr 2008

Bernd Mahr. „Ein Modell des Modellseins. Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs.“ In *Modelle.* Hrsg. von U. Dirks und E. Knobloch. Frankfurt am Main: Lang, 2008, 187–218.

Mahr 2009

Bernd Mahr. *Modelle als Akteure. Fallstudien.* Bd. 156. KIT Report. Berlin: Institut für Telekommunikationssysteme, Formale Modelle, Logik und Programmierung, 2009.

Mandelbrot 1953

Benoit B. Mandelbrot. „An Informational Theory of the Statistical Structure of Language.“ In *Communication Theory, the Second London Symposium.* Hrsg. von W. Jackson. London: Butterworth, 1953, 486–504.

Mandelbrot 1963

Benoit B. Mandelbrot. „New Methods in Statistical Economics.“ *Journal Political Economy* 71 (1963), 421–440.

Mandelbrot 1997

Benoit B. Mandelbrot. *Fractals and Scaling in Finance. Discontinuity, Concentration, Risk.* New York: Springer, 1997.

Mandelbrot 2003

Benoit B. Mandelbrot. „Multifractal Power Law Distributions: Negative and Critical Dimensions and Other ‘Anomalies’, Explained by a Simple Example“. *Journal of Statistical Physics* 110 (2003), 739–774.

Mandelbrot 2009

Benoit B. Mandelbrot. „New Methods of Statistical Economics, Revisited: Short vs. Long Tails, Gaussian vs. Power-Law Distribution“. *Complexity* 14 (2009), 55–65.

Mangin 1987

Michel Mangin. „Zur Besiedlung der Franche-Comté während der Römerzeit“. *Offa* 44 (1987), 153–173.

Mehner 2010

Andreas Mehner. „Landschaftarchäologische Forschungen im näheren Siedlungsumfeld des Burgwalls von Lossow. Erste Ergebnisse aus dem Bereich der Vorbürgsiedlung“. In *Lossow. Alte Forschungen und neue Projekte*. Hrsg. von I. Beilke-Voigt und F. Schopper. Bd. 4. Materialien zur Archäologie in Brandenburg 1. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2010, 75–90.

Meijers 2007

Evert Meijers. „From Central Place to Network Model: Theory and Evidence of a Paradigm Change“. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 98 (2007), 245–259.

Meyer 1999

Michael Meyer. „The Reconstruction of Prehistoric Relief – an Example“. In *Settlement and Landscape. Proceedings of a Conference in Åhus, Denmark, May 4-7 1998*. Hrsg. von Ch. Fabech und J. Ringtved. Højbjerg: Aarhus Universitetsforlag, 1999, 487–488.

Meyer 2013

Michael Meyer. „Einheimische und Migranten. Siedlungssysteme im eisenzeitlichen Südhartzvorland“. In *Parallele Raumkonzepte. Workshop des Exzellenzclusters Topoi vom 15.-17. März 2010*. Hrsg. von S. Hansen und M. Meyer. Berlin: De Gruyter, 2013, 281–292.

Meyer u. a. 2004

Michael Meyer, Mareile Wulf, Stefan Dembinski und Christian Kirschbaum. „Die latènezeitliche Siedlung Glienick 14, Ldkr. Teltow-Fläming. Bemerkungen zum Forschungsstand latènezeitlicher Siedlungen in Brandenburg“. In *Kultura jastorfska na Nizinie Wielkopolsko-Kujawskiej*. Hrsg. von M. Machajewski. Poznań: SNAP Oddzia w Poznaniu, 2004, 161–198.

Meynen, Klöpffer und Körber 1957

Emil Meynen, Rudolf Klöpffer und Jürgen Körber. *Rheinland-Pfalz in seiner Gliederung nach zentralörtlichen Bereichen*. Bd. 100. Forschungen zur Deutschen Landeskunde. Remagen: Bundesanstalt für Landeskunde, 1957.

Milligan 1981

Glenn W. Milligan. „A Monte Carlo Study of Thirty Internal Criterion Measures for Cluster Analysis“. *Psychometrika* 46 (1981), 187–199.

Milligan und Cooper 1987

Glenn W. Milligan und Martha C. Cooper. „Methodology Review: Clustering Methods“. *Applied Psychological Measurement* 11 (1987), 329–354.

Mirkin 1996

Boris Mirkin. *Mathematical Classification and Clustering*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.

Mitzenmacher 2003

Michael Mitzenmacher. „A Brief History of Generative Models for Power Law and Lognormal Distributions“. *Internet Mathematics* 1 (2003), 226–251.

Müller-Scheeßel 2007

Nils Müller-Scheeßel. „Weitere Überlegungen zu den Besiedlungsstrukturen der Hallstattzeit Süddeutschlands: Tests auf Autokorrelation“. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 37 (2007), 57–66.

Müller-Wille 2010

Michael Müller-Wille. „Comments on Dagfinn Skre, Centrality, Places and Sites. The Central Place Skiringssal in Vestfold, Norway“. In *Trade and Communication Networks of the 1st Millennium AD in the Northern Part of Central Europe. Central Places, Beach Markets, Landing Places and Trading Centres*. Hrsg. von M. Hardt, H. Jöns, S. Kleingärtner, B. Ludowici und J. Scheschkewitz. Neue Studien zur Sachsenforschung. Hannover: Theiss, 2010, 232–237.

U. Müller 2009

Ulrich Müller. „Netzwerkanalysen in der Historischen Archäologie, Begriffe und Beispiele“. In *Historia archaeologia. Festschrift für Heiko Steuer*. Hrsg. von S. Brather, D. Geuenich und C. Huth. Bd. 70. Reallexikon der Germanischen Altertumskunde, Ergänzungsband. Berlin und New York: De Gruyter, 2009, 735–754.

U. Müller 2010

Ulrich Müller. „Trading Centres Hanseatic Towns at the Southern Baltic Coast: Structural Continuity or Restart?“ In *Trade and Communication Networks of the 1st Millennium AD in the Northern Part of Central Europe Central Places, Beach Markets, Landing Places and Trading Centres*. Hrsg. von B. Ludowici, H. Jöns, S. Kleingärtner, J. Scheschkewitz und M. Hardt. Bd. 1. Neue Studien zur Sachsenforschung. Hannover: Theiss, 2010, 115–140.

Musil 1928

Alois Musil. „Palmyrena. A Topographical Itinerary“. *American Geographical Society, Oriental Explorations and Studies* 4 (1928), 64–67, 155–167.

Mutschke 2010

Peter Mutschke. „Zentralitäts- und Prestigemaße“. In *Handbuch Netzwerkforschung*. Hrsg. von C. Stegbauer und R. Häußling. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 2010, 365–378.

Myhre 1978

Bjørn Myhre. „Agrarian Development, Settlement History and Social Organisation in Southwest Norway in the Iron Age“. In *New Directions in Scandinavian Archaeology*. Hrsg. von K. Kristiansen und C. Paludan-Müller. Studies in Scandinavian Prehistory and Early History 1. Copenhagen: Nationalmuseets Forlag, 1978, 224–271.

Myhre 1987

Bjørn Myhre. „Chieftains' Graves and Chieftains' Territories in South Norway in the Migration Period“. *Studien zur Sachsenforschung* 6 (1987), 169–188.

Nagler 2013

Anatoli Nagler. „Grabanlagen der frühen Nomaden in der eurasischen Steppe im 1. Jahrtausend v. Chr.“ In *Unbekanntes Kasachstan. Archäologie im Herzen Asiens. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum vom 26. Januar bis zum 30. Juni 2013*. Hrsg. von Th. Stöllner und Z. Samašev. Bd. 192. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum. 2013, 609–620.

Nakoinz 2005

Oliver Nakoinz. *Studien zur räumlichen Abgrenzung und Strukturierung der älteren Hunsrück-Eifel-Kultur*. Bd. 118. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie. Bonn: Habelt, 2005.

Nakoinz 2009a

Oliver Nakoinz. „Die Methode zur quantitativen Untersuchung kultureller Ähnlichkeiten im Raum des Projektes ‚Siedlungshierarchien und kulturelle Räume‘“. In *Kulturraum und Territorialität: Archäologische Theorien, Methoden, Fallbeispiele. Kolloquium des DFG-SPP 1171 Esslingen 17.–18. Januar 2007. Internationale Archäologie – Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress 13*. Hrsg. von D. Krause und O. Nakoinz. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2009, 87–99.

Nakoinz 2009b

Oliver Nakoinz. „Zentralortforschung und zentralörtliche Theorie“. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 39 (2009), 361–380.

Nakoinz 2012

Oliver Nakoinz. „Verkehrswege der älteren Eisenzeit in Südwestdeutschland“. In *Wege und Transport (Beiträge zur Sitzung der AG Eisenzeit während der 80. Verbandstagung des West- und Süddeutschen Verbandes für Altertumforschung e.V. in Nürnberg 2010)*. Hrsg. von C. Tappert, C. Later, J. Fries-Knoblach, P. C. Ramsel, P. Trebsche, S. Wefers und J. Wiethold. Bd. 65. Langenweißbach: Beier & Beran, 2012, 73–82.

- Nakoinz 2013a**
Oliver Nakoinz. *Archäologische Kulturgeographie der älterseitszeitlichen Zentralorte Südwestdeutschlands*. Bd. 224. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie. Bonn: Habelt, 2013.
- Nakoinz 2013b**
Oliver Nakoinz. „Räumliche Interaktionsmodelle“. *Prähistorische Zeitschrift* 88 (2013), 226–257.
- Nakoinz 2013c**
Oliver Nakoinz. „Zentralorte in parallelen Raumstrukturen“. In *Parallele Raumstrukturen*. Hrsg. von S. Hansen und M. Meyer. Topoi Berlin Studies of the Ancient World 16. Berlin: De Gruyter, 2013, 83–103.
- Näsman 1998**
Ulf Näsman. „Sydskandinavisk samhällsstruktur I ljuset av merovingisk och anglosaxisk analogi eller i vad är det som centralpladserna är centrala?“. In *Centrala platser. Centrala frågor. Samhällsstrukturen under Järnåldern*. Hrsg. von L. Larsson und B. Härdt. Acta Arcaologica Lundensia 28. Lund: Almqvist & Wiksell International, 1998, 1–26.
- Neal 2011**
Zachary P. Neal. „From Central Places to Network Bases: A Transition in the U. S. Urban Hierarchy, 1900–2000“. *City & Community* 10 (2011), 49–75.
- E. Neef 1950**
Ernst Neef. „Das Problem der zentralen Orte“. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 94 (1950), 6–17.
- R. Neef [unpubliziert]**
Roger Neef. „Das historische und aktuelle Naturraumpotential im Randbereich der Goldenen Aue“. Staatsexamen, Berlin 2009. Unpubliziert.
- Newman 2006**
Mark E. J. Newman. „Power Laws, Pareto Distributions and Zipf’s Law“. *Contemporary Physics* 46 (2006), 323–351.
- Newton 1984**
Kenneth Newton. „Urban System Theory, and Urban Policy and Expenditures in England and Wales“. *European Journal of Political Research* 12 (1984), 351–369.
- Nielsen 1994**
Paul O. Nielsen. *The Archaeology of Gudme and Lundeborg*. København: Akademisk Forlag, 1994.
- Nijkamp und Reggiani 1992**
Peter Nijkamp und Aura Reggiani. *Interaction, Evolution and Chaos in Space*. Berlin: Springer, 1992.
- Nowak [unpubliziert]**
Katharina Nowak. „Bodenphosphat als Siedlungsanzeiger in der Geoarchäologie: Ein systematischer Vergleich verschiedener Analyseverfahren“. Bachelor-Arbeit, Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften. Berlin 2009. Unpubliziert.
- Nuhn und Hesse 2006**
Helmut Nuhn und Markus Hesse. *Verkehrsgeographie*. Paderborn: Schöningh, 2006.
- Nuninger [unpubliziert]**
Laure Nuninger. *Peuplement et Territoires protohistoriques du VIIIe au Ier siècle avant J.-C. en Languedoc oriental (Gard-Hérault)*. Unpublizierte Dissertation. Université de Franche-Comté. Besançon 2002. Diss. Université de Franche-Comté. Unpubliziert.
- Nuninger u. a. 2006**
Laure Nuninger, Lena Sanders, François Favory, Pierre Garmy, Claude Raynaud, Céline Rozenblat, Lahouari Kaddouri, Hélène Mathian und Laurent Schneider. „La modélisation des réseaux d’habitat en archéologie: trois expériences“. *Mappemonde* 83 (2006).
- Okabe u. a. 2000**
Atsuyuki Okabe, Barry Boots, Kokichi Sugihara und Sung N. Chiu. *Spatial Tessellations*. Chichester: Wiley, 2000.
- Olivier und Wirtz 1993**
Laurent Olivier und Bruno Wirtz. „Pareto chez les protos: trois petits essais d’Archeologie iconoclaste“. In *Fonctionnement social de L’Age du Fer opérateurs et hypothèses pour la France*. Hrsg. von A. Daubigney. Lons-le-Launier: Centre Jurassien du Patrimoine, 1993, 131–176.

Olivier, Wirtz und Triboulot 2002

Laurent Olivier, Bruno Wirtz und Bertrand Triboulot. „Assemblages Funéraires et Territoires dans le domaine Hallstattien Occidental“. In *Territoires celtiques. Espaces ethniques et territoires des agglomérations protohistoriques d'Europe occidentale. Actes du XXIVe colloque international de l'AFEAF, Martignes 2000*. Hrsg. von D. Garcia und F. Verdin. Paris: Ed. Errance, 2002, 338–362.

Parzinger 2006

Hermann Parzinger. *Die frühen Völker Eurasiens. Vom Neolithikum bis zum Mittelalter*. München: C. H. Beck, 2006.

Parzinger [im Druck a]

Hermann Parzinger. „Herrschaftsrepräsentation und Totenritual in der eurasischen Steppe: neue Forschungen in skythenzeitlichen Großkurganen“. Jahresvorlesungsreihe des Geisteswissenschaftlichen Zentrums Geschichte und Kultur Ostmitteleuropas e. V. Leipzig. Im Druck.

Parzinger [im Druck b]

Hermann Parzinger. „Status und Symbol bei den frühen Reiternomaden in Südsibirien“. Münchner Beiträge zur Völkerkunde. Im Druck.

Pollard 1980

Helen P. Pollard. „Central Places and Cities: A Consideration of the Protohistoric Tarascan State“. *American Antiquity* (1980), 677–696.

Popper 1935

Karl Popper. *Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr, 1935.

Posluschny 2012

A. Posluschny. „Keltische ‚Fürstensitze‘ – Orte der Herrschaft?“ In *Orte der Herrschaft. Charakteristika von antiken Machtzentren*. Hrsg. von F. Arnold, A. Busch, R. Haensch und U. Wulf-Rheidt. Bd. 3. Menschen – Kulturen – Traditionen: Studien aus den Forschungsclustern des Deutschen Archäologischen Instituts. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2012, 19–31.

Posluschny 2008

Axel Posluschny. „Sehen und gesehen werden. Sichtbarkeitsanalysen als Werkzeug archäologischer Forschungen“. In *Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstensitze und ihres territorialen Umlandes Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Blaubeuren, 9.–11. Oktober 2006*. Hrsg. von D. Krause. Bd. 101. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg. Stuttgart, 2008, 367–380.

Posluschny 2010

Axel Posluschny. „Zentralität und Hinterland – Erste Aspekte einer Projektsynthese aus Sicht des Projektes ‚Fürstensitze‘ und Umland.“ In *‚Fürstensitze‘ und Zentralorte der frühen Kelten. Abschlusskolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Stuttgart, 12.–15. Oktober 2009 (Stuttgart 2010)*. Hrsg. von D. Krause. Bd. 120/2. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg. Stuttgart, 2010, 359–374.

Przybyla und Blajer 2008

Marcin S. Przybyla und Wojciech Blajer. *Struktury osadnicze w epoce brązu i wczesnej epoce żelaza na obszarze podkarpackiej wysoczyzny lessowej między wisłokiem i sanem*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2008.

Raatikainen 2008

Panu Raatikainen. „Truth, Correspondence, Models, and Tarski“. In *Approaching Truth: Essays in Honour of Ilkka Niiniluoto*. Hrsg. von S. Pihlström, P. Raatikainen und M. Sintonen. London: College Publ., 2008, 99–112.

Ramisch u. a. 2012

Arne Ramisch, Wiebke Bebermeier, Kai Hartmann, Brigitta Schütt und Nicole Alexanian. „Fractals in Topography: Application to Geoarchaeological Studies in the Surroundings of the Necropolis of Dahshur, Egypt“. *Quaternary International* 266 (2012), 34–46.

Rehren 1995

Thilo Rehren. „Meroe, Eisen und Afrika“. *Mitteilungen der Sudanarchäologischen Gesellschaft* 3 (1995), 25.

- Rehren 2001**
Thilo Rehren. „Meroe, iron and Africa“. *Mitteilungen der Sudanarchäologischen Gesellschaft* 12 (2001), 102–109.
- Rehren, Hauptmann und Weisgerber 1995**
Thilo Rehren, Andreas Hauptmann und Gerd Weisgerber. „Meroitische Eisenobjekte von Musawwarat, Nord-Sudan“. In *Paleometallurgie du Fer & Cultures*. Hrsg. von P. Benoit und Ph. Fluzin. Belfort: Vulcain, 1995, 293–297.
- Renfrew 1973**
Colin Renfrew. *Before Civilisation*. London: Jonathan Cape, 1973.
- Renfrew und Level 1979**
Colin Renfrew und Erik V. Level. „Exploring Dominance: Predicting Polities from Centers“. In *Transformations. Mathematical Approaches to Cultural Change*. Hrsg. von C. Renfrew und K. L. Cooke. New York: Academic Press, 1979, 145–167.
- Ripley 1977**
Brian D. Ripley. „Modelling Spatial Patterns“. *Journal of the Royal Statistical Society* (1977), 172–212.
- Ripley 1981**
Brian D. Ripley. *Spatial Statistics*. New York: Wiley, 1981.
- Romesburg 2004**
Charles Romesburg. *Cluster Analysis for Researchers*. Raleigh: Lulu Press, 2004.
- Rössler 1990**
Mechthild Rössler. *Wissenschaft und Lebensraum. Geographische Ostforschung im Nationalsozialismus*. Berlin: Reimer, 1990.
- Rothmaler 2000**
Philipp Rothmaler. *Introduction to Model Theory*. Amsterdam: Gordon & Breach, 2000.
- Sack 1996**
Dorothee Sack. *Resafa IV. Die Große Moschee von Resafa – Ruṣāfat Hišām*. Mainz: Deutsches Archäologisches Institut, 1996.
- Sack 2008**
Dorothee Sack. „Resafa Sergiupolis/Rusafat Hisam – Neue Forschungsansätze“. In *Residences, Castles, Settlements. Transformation Processes from Late Antiquity to Early Islam in Bilad al-Sham*. Hrsg. von K. Bartl und A.-a.-R. Moaz. Orient Archäologie 24. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2008, 31–44.
- Sack, H. Becker u. a. 2004**
Dorothee Sack, Helmut Becker, Manfred Stephani und Faris Chouker. „Resafa-Umland, Archäologische Geländebegehungen, geophysikalische Untersuchungen und digitale Geländemodelle zur Prospektion in Resafa-Ruṣāfat Hišām. Bericht über die Kampagnen 1997–2001“. *Damaszener Mitteilungen* 14 (2004), 207–232.
- Sack, al-Khabour und Gussone 2008**
Dorothee Sack, Anas al-Khabour und Martin Gussone. „Resafa Sergiupolis/Ruṣāfat Hisham, Syria. Pilgrimage City and Caliph Residence. The Campaigns in Spring and Autumn 2007“. *Chronique Archéologique en Syrie* 3 (2008), 251–267.
- Sack, Sarhan und Gussone 2010**
Dorothee Sack, Mohammed Sarhan und Martin Gussone. „Resafa-Sergiupolis/Ruṣāfat Hišām, Syrien. Pilgerstadt und Kalifenresidenz. Neue Ansätze, Ergebnisse und Perspektiven“. *Zeitschrift für Orientarchäologie* 3 (2010), 102–129.
- Salač 2002**
Vladimir Salač. „Zentralorte und Fernkontakte“. In *Fernkontakte in der Eisenzeit. Tagung Liblice 2000*. Hrsg. von A. Lang und V. Salač. Prag: Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, 2002, 20–46.
- Salač 2004**
Vladimir Salač. „Zentren in der Peripherie“. In *Zentrum und Peripherie – Gesellschaftliche Phänomene in der Frühgeschichte [Kongr. Zwettl 2000]*. Hrsg. von H. Friesinger und A. Stuppner. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 2004, 291–301.

Salač 2009

Vladimír Salač. „Zur Interpretation der Oppida in Böhmen und in Mitteleuropa“. In *Interpretierte Eisenzeit. Fallstudien, Methoden, Theorien. Tagungsbeiträge der 3. Linzer Gespräche zur interpretativen Eisenzeitarchäologie*. Hrsg. von R. Karl und J. Leskovar. Linz: Oberösterreichisches Landesmuseum, 2009, 237–251.

Schaffer 2004

Axel Schaffer. „Zeitprismen nach Hagerstrand und ihre Verknüpfung mit sozio-ökonomischen Input-Output Tabellen“. In *Analyse von Lebenszyklen. Ergebnisse des 4. und 5. Weimarer Kolloquiums. Band 5 der Schriftenreihe Sozio-ökonomisches Berichtssystem für eine nachhaltige Gesellschaft*. Hrsg. von Statistisches Bundesamt. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2004, 129–151.

Schier 2002

Wolfram Schier. „Bemerkungen zu Stand und Perspektiven siedlungsarchäologischer Forschung“. In *Interdisziplinäre Siedlungsarchäologie. Gedenkschrift für Walter Janssen*. Hrsg. von P. Ettl, R. Friedrich und W. Schier. Bd. 14. Internationale Archäologie – Studia honoraria. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2002, 299–309.

Schmid 2001

Stephan G. Schmid. „The Nabataeans – Travellers between Lifestyles“. In *The Archaeology of Jordan*. Hrsg. von B. MacDonald, R. Adams und P. Bienkowski. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2001, 367–426.

Scholz 2006

Piotr O. Scholz. *Nubien. Geheimnisvolles Goldland der Ägypter*. Stuttgart: Theiss, 2006.

Scott 2000

John Scott. *Social Network Analysis*. London: Sage, 2000.

Sedlacek 1973

Peter Sedlacek. *Zum Problem intraurbaner Zentralorte. Dargestellt am Beispiel der Stadt Münster*. Münster: Selbstverlag des Instituts für Geographie und Länderkunde und der Geographischen Kommission für Westfalen, 1973.

Segschneider 2002

Martin Segschneider. „Trade and Centrality between Rhine and the Limfjord around 500 AD. The Beachmarket on the Northfrisian Island Amrum and its Context“. In *Central Places in the Migration and Merovingian Periods*. Hrsg. von B. Hårdh und L. L. Larsson. Lund: Almqvist & Wiksell International, 2002, 247–256.

Semboloni 2008

Ferdinando Semboloni. „Hierarchy, Cities Size Distribution and Zipf's Law“. *European Physical Journal* 63 (2008), 295–301.

Sen und Smith 1995

Ashish Sen und Tony E. Smith. *Gravity Models of Spatial Interaction Behavior*. Berlin und Heidelberg: Springer, 1995.

Siegmund 2000

Frank Siegmund. *Alemannen und Franken*. Bd. 23. Reallexikon der Germanischen Altertumskunde, Ergänzungsband. Berlin: De Gruyter, 2000. Kap. Alemannen und Franken.

Simon 1955

Herbert A. Simon. „On a Class of Skew Distribution Functions“. *Biometrika* 42 (1955), 425–440.

Sindbæk 2007

Søren M. Sindbæk. „Networks and Nodal Points: The Emergence of Towns in Early Viking Age Scandinavia“. *Antiquity* 81 (2007), 119–132.

Sindbæk 2009

Søren Michael Sindbæk. „Open Access, Nodal Points and Central Places. Maritime Communication and Locational Principles for Coastal Sites in South Scandinavia, c. AD 400–1200“. *Estonian Journal of Archaeology* 13 (2009), 96–109.

Skinner 1964

G. William Skinner. „Marketing and Social Structure in Rural China“. *Journal of Asian Studies* 24 (1964), 3–43.

Sneath und Sokal 1973

Peter H. A. Sneath und Robert R. Sokal. *Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification*. San Francisco: Freeman, 1973.

- Soja 1989**
Edward W. Soja. *Postmodern Geographies. The Reassertion of Space in Critical Social Theory*. London und New York: Verso, 1989.
- Spanner und Guyer 1926**
Harry Spanner und Samuel Guyer. *Rusäfa. Die Wallfahrtsstadt des Heiligen Sergios*. Berlin: Reimer, 1926.
- Stachowiak 1973**
Herbert Stachowiak. *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer, 1973.
- Steffen und Steffen 2010**
Markus Steffen und Christoph Steffen. „Siedlungssysteme der Späthallstattzeit in Baden-Württemberg – Modellierung des sozio-ökonomischen Potentials ältereisenzeitlicher Siedlungskammern auf Basis siedlungs- und sozialarchäologischer Kennzahlen“. In *Fürstensitze und Zentralorte der frühen Kelten. Abschlusskolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Stuttgart*, 12.–15. Oktober 2009. Hrsg. von D. Krause. Bd. 120. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg. Stuttgart: Theiss, 2010, 333–357.
- Steinhausen und Langer 1977**
Detlef Steinhausen und Klaus Langer. *Clusteranalyse. Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation*. Berlin und New York: De Gruyter, 1977.
- Steuer 2004**
Heiko Steuer. „Die Ostsee als Kernraum des 10. Jahrhunderts und ihre Peripherien“. *Siedlungsforschung. Archäologie – Geschichte – Geographie* 22 (2004), 59–88.
- Steuer 2007**
Heiko Steuer. „Zentralorte“. *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde* 35 (2007), 878–914.
- Stjernquist 2003**
Berta Stjernquist. „Detector Finds from Uppåkra as a Source of Information, illustrated by the Fibulae from the Early Iron Age“. In *Centrality – Regionality: The Social Structure of Southern Sweden during the Iron Age*. Hrsg. von L. Larsson und B. Härdt. Lund: Almqvist & Wiksell International, 2003, 67–88.
- Strauss 1953**
Leo Strauss. *Natural Right and History*. Chicago und London: University of Chicago Press, 1953.
- Svanberg 1997**
Fredrik Svanberg. „Cultural Diversity in Present-day Scania and Blekinge ca. AD 800–1000“. *Lund Archaeological Review* 3 (1997), 59–72.
- Taaffe, Gauthier und O’Kelly 1973**
Edward J. Taaffe, Howard L. Gauthier und Morton E. O’Kelly. *Geography of Transportation*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1973.
- Tabuchi und Thisse 2006**
Takatoshi Tabuchi und Jaques-François Thisse. „Regional Specialization, Urban Hierarchy and Commuting Costs“. *International Economic Review* 47 (2006), 1295–1317.
- Täube 2010**
Volker G. Täube. „Cliques und andere Teilgruppen sozialer Netzwerke“. In *Handbuch Netzwerkforschung*. Hrsg. von C. Stegbauer und R. Häußling. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 2010, 397–406.
- Thrane 1994**
Henrik Thrane. „Gudme. A Focus of Archaeological Research 1833–1987“. In *The Archaeology of Gudme and Lundeborg*. Hrsg. von P. O. Nielsen, K. Randsborg und H. Thrane. København: Akademisk Forlag, 1994, 9–15.
- von Thünen 1875**
Johann H. von Thünen. *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*. Hamburg: Thünen-Museum, 1875.
- Tiefelsdorf 2000**
Michael Tiefelsdorf. *Modelling Spatial Processes: The Identification and Analysis of Spatial Relationships in Regression Residuals by Means of Moran’s I*. Berlin und Heidelberg: Springer, 2000.
- Tobler 1967a**
Waldo Tobler. „Computer Use in Geography“. *Behavioral Science* 12/1 (1967), 57–58.

Tobler 1967b

Waldo Tobler. „Evidence for Central Place Theory in the Nile Delta“. In *Earth Resource Surveys from Spacecraft*. Hrsg. von R. A. Leestma und R. A. White. Earth Resources Survey Program 1. Washington DC: US Army Corps of Engineers, 1967, 28–29.

Tóth u. a. 2009

János Tóth, Jan Krause, Brigitta Schütt und Ulrike Wulf-Rheidt. „Preliminary Results of the Environmental Reconstruction in the Area of Felix Romuliana, Eastern Serbia“. In *Geoarchaeology 2009 Meeting. Departments of Geography and Archaeology, University of Sheffield, Abstract book*. Sheffield, 2009.

Ulbert 1986

Thilo Ulbert. *Resafa II. Die Basilika des Heiligen Kreuzes in Resafa-Sergiupolis*. Mainz: Deutsches Archäologisches Institut, 1986.

Ulbert 1990

Thilo Ulbert. *Resafa III. Der kreuzfahrerzeitliche Silberschatz aus Resafa-Sergiupolis*. Mainz: Deutsches Archäologisches Institut, 1990.

Ullman 1956

Edward L. Ullman. „The Role of Transportation and the Bases for Interaction“. In *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. Hrsg. von W. L. Thomas. Chicago: University of Chicago Press, 1956, 862–880.

Ullman 1980

Edward L. Ullman. *Geography as Spatial Interaction in Geography*. Washington: University of Washington Press, 1980.

Ulriksen 1998

Jens Ulriksen. *Anløbspladser: Besejling og bebyggelse i Danmark mellem 200 og 1100 e. Kr. En studie af søfartens pladser på baggrund af undersøgelser i Roskilde Fjord*. Roskilde: Vikingskibshallen, 1998.

Unverzagt 1928a

Wilhelm Unverzagt. „Ausgrabungen am Burgwall von Lossow (Kr. Lebus)“. *Nachrichten der Deutschen Anthropologischen Gesellschaft* III.4 (1928), 27–28.

Unverzagt 1928b

Wilhelm Unverzagt. „Die Ausgrabungen des Jahres 1928 am Burgwall von Lossow“. *Prähistorische Zeitschrift* 19 (1928), 390–391.

Unverzagt 1929

Wilhelm Unverzagt. „Lossow b. Frankfurt a. d. O.“. *Prähistorische Zeitschrift* 20 (1929), 295.

Unverzagt 1930a

Wilhelm Unverzagt. „Die vor- und frühgeschichtlichen Befestigungen an der Oderstraße“. *Prähistorische Zeitschrift* 21 (1930), 307–308.

Unverzagt 1930b

Wilhelm Unverzagt. „Neue Ausgrabungen an vor- und frühgeschichtlichen Befestigungen in Nord- und Ostdeutschland. Der Burgwall von Lossow bei Frankfurt (Oder)“. *Neue Deutsche Ausgrabungen* (1930), 158–164.

Unverzagt 1969

Wilhelm Unverzagt. „Aufbau und Zeitstellung des Burgwalls von Lossow, Kr. Eisenhüttenstadt“. In *Siedlung, Burg und Stadt [Paul Grimm zum 60. Geburtstag]*. Hrsg. von K.-H. Otto und J. Herrmann. Berlin: Akademischer Verlag, 1969, 335–341.

van Hoof und Schlöffel 2009

Leon van Hoof und Marlen Schlöffel. „Kurgans in the Northeastern Azov Sea Region – Proposals for a Geoarchaeological Research Program“. In *Tumulus as Sema. Space, Politics, Culture and Religion in the First Millenium BC*. Hrsg. von U. Kelp und O. Henry. Berlin Studies of the Ancient World 27. Berlin: De Gruyter, 2009.

van Hoof, Schlöffel u. a. 2010

Leon van Hoof, Marlen Schlöffel, Ortwin Dally und Christiane Singer. *Human-Environmental Interactions in the Northeastern Black Sea Region. Abstracts of the LAC 2010: 1st International Landscape Archaeology Conference 26.-29. January 2010, Amsterdam*. Amsterdam: Amsterdam University, 2010.

Vasić 2007

Miloje Vasić. „Felix Romuliana (Gamzigrad) – Palast und Gedenkmonument des Kaisers Galerius“. In *Roms Erbe auf dem Balkan. Spätantike Kaiservillen und Stadtanlagen in Serbien*. Hrsg. von U. Brandl und M. Vasić. Mainz: Philipp von Zabern, 2007, 33–53.

Verhagen 2007

Philip Verhagen. *Case Studies in Archaeological Predictive Modelling*. Leiden: Leiden University Press, 2007.

Volli 2002

Ugo Volli. *Semiotik*. Tübingen und Basel: Francke, 2002.

Voronoi 1907

Georges Voronoi. „Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques“. *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik* 133 (1907), 97–178.

Voß 1987

Hans-U. Voß. „Lossow, Lebus – Zur Anlage und Funktion jungbronze- und früheisenzeitlicher Befestigungsanlagen im Odergebiet“. *Frankfurter Beiträge zur Geschichte* 15 (1987), 19–33.

Walton 1998

Douglas Walton. *Ad hominem arguments*. Tuscaloosa: University of Alabama Press, 1998.

Watt 1991

Margrethe Watt. „Sorte Muld Høvdingesade og kultcentrum fra Bordnholms yngre jernalder“. In *Fra Stamme til Stat i Danmark 2. Høvdingesanfund og Kongemagt*. Hrsg. von P. Mortensen und B. M. Rasmussen. Bd. 22,2. Jysk Archæologisk Selskabs Skrifter. Højbjerg: Aarhus Universitetsforlag, 1991, 89–107.

Webber 1971

Matthew J. Webber. „Empirical Verifiability of Classical Central Place Theory“. *Geographical Analysis* 3 (1971), 15–28.

Weber 1909

Alfred Weber. *Über den Standort der Industrien*. Tübingen: Mohr, 1909.

Wehner 2007

Donat Wehner. „Wolin/Wollin und Umland in der Slawenzeit. Eine Auseinandersetzung mit E. Gringmuth-Dallmers Zentralortkonzeption“. In *Aedificatio terrae. Beiträge zur Umwelt- und Siedlungsarchäologie Mitteleuropas. Festschrift für Eike Gringmuth-Dallmer zum 65. Geburtstag*. Hrsg. von G. H. Jeute, J. Schneeweiß und C. Theune. Bd. 26. Internationale Archäologie – Studia honoraria. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2007, 363–371.

Wehner 2010

Donat Wehner. „The hinterland of the early medieval places Wolin and Menzlin: A comparison“. In *Trade and Communication Networks of the 1st Millennium AD in the Northern Part of Central Europe. Central Places, Beach Markets, Landing Places and Trading Centres*. Hrsg. von M. Hardt, H. Jöns, S. Kleingärtner, B. Ludowici und J. Scheschkewitz. Stuttgart: Theiss, 2010, 258–266.

Weigel 1890

Max Weigel. „Urnengräberfeld und Burgwall von Lossow, Kr. Lebus, Prov. Brandenburg“. *Nachrichten über deutsche Alterthumsfunde. Ergänzungsblätter zur Zeitschrift für Ethnologie* 1 (1890), 20–21.

Wesselhöft [unpubliziert]

Jo Wesselhöft. „Geoarchäologie am Südrand des Harzes – Holozäne Landschaftsgeschichte im Nordthüringer Buntsandsteinland am Beispiel eines Schwemmfächers bei Himmelgarten“. Bachelor-Arbeit, Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften. Berlin 2008. Unpubliziert.

Wheatley und Gillings 2002

David Wheatley und Mark Gillings. *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*. London: Taylor & Francis, 2002.

Wilson 1967

Alan G. Wilson. „A Statistical Theory of Spatial Distribution Models“. *Transportation Research* 1 (1967), 253–269.

Wilson 1970

Alan G. Wilson. *Entropy in Urban and Regional Modelling*. London: Pion, 1970.

Wilson 1978

Alan G. Wilson. „Spatial Interaction and Settlement Structure: Towards an Explicit Central Place Theory“. In *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. Hrsg. von A. Carlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars und J. W. Weibull. Amsterdam: North-Holland, 1978, 137–156.

Wilson 2000

Alan G. Wilson. *Complex Spatial Systems: The Modelling Foundations of Urban and Regional Analysis*. Harlow: Prentice Hall, 2000.

Windler 2018

Arne Windler. *Der Austausch von Spondylus gaederopus in Europa zwischen 5.500 und 5.000 v.Chr. Eine ökonomische Analyse*. Der Anschnitt. Beiheft 40. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, 2018.

Wirth 1979

Eugen von Wirth. *Theoretische Geographie. Grundzüge einer theoretischen Kulturgeographie*. Stuttgart: Teubner, 1979.

Zadeh 1965

Lotfi A. Zadeh. „Fuzzy Sets“. *Information and Control* 8 (1965), 338–353.

Ziegler 1972

Rolf Ziegler. *Theorie und Modell. Der Beitrag der Formalisierung zur soziologischen Theoriebildung*. München: Oldenbourg, 1972.

Zimmermann u. a. 2004

Andreas Zimmermann, Jürgen Richter, Thomas Frank und Klaus Peter Wendt. „Landschaftsarchäologie II – Überlegungen zu Prinzipien einer Landschaftsarchäologie“. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 85 (2004), 37–95.

Zipf 1949

George K. Zipf. *Human Behavior and the Principle of Least Effort*. Cambridge, MA: Addison-Wesley, 1949.

Zivić 2003

Maja Zivić. *Felix Romuliana. 50 Years of Solving*. Zaječar: Narodni Muzej, 2003.

C Nachweis für die Abbildungen und Tabellen

ABBILDUNGEN: 1 Nakoinz 2013c, Abb. 1. 2 Christaller 1933, Abb. 2. 3 Christaller 1933, Abb. 4. 4 Christaller 1933, Abb. 6. 5 Hodder 1972, Abb. 23.6; Cunliffe 1974, Abb. 13:23. 6 Härke 1979, Abb. 55. 7 Härke 1983, Abb. 5. 8 Collis 2010, Abb. 2. 9 Grimm 2010b, Abb. 14; Hårdh 2010, Abb. 3. 10 Fabech 1993, Abb. 12. 11 Fabech und J. Ringtved 1991, umgezeichnet. 12 Nach Grimm 2010b, Abb. 3; 6. 13 Denecke 1973, Abb. 1. 14 Gringmuth-Dallmer 2011, Abb. 1. 15 U. Müller 2010, Abb. 21. 16 Wehner 2007, Abb. 3. 17 Grimm 2010a, Abb. 6. 18 Brun 2006, Abb. 14. 19 Grafik: O. Nakoinz. 20 Grafik: O. Nakoinz. 21 Grafik: O. Nakoinz.

22 Nakoinz 2013b, Abb. 8. 23 Grafik: O. Nakoinz. 24 Grafik: O. Nakoinz. 25 Grafik: O. Nakoinz. 26 Mahr 2006. 27–41 Grafik: O. Nakoinz. 42 Nakoinz 2009b. 43 Nakoinz 2009b. 44 Nakoinz 2009b. 45 Nakoinz 2013a, Abb. 3.13. 46 Grafik: O. Nakoinz. 47 Grafik: O. Nakoinz. 48 Nakoinz 2012. 49 Nach Nuninger u. a. 2006. 50–57 Grafik: O. Nakoinz. 58–69 Karte: O. Nakoinz. 70 Nach Knitter u. a. 2014. 71–76 Karte: O. Nakoinz. 77–88 Grafik: O. Nakoinz. 89–92 Karte: O. Nakoinz. 93 Grafik: O. Nakoinz. 94 Grafik: O. Nakoinz. 95 Grafik: O. Nakoinz.
TABELLEN: 1 O. Nakoinz.

OLIVER NAKOINZ (Promotion 2004 in Kiel zum Thema *Studien zur räumlichen Abgrenzung und Strukturierung der älteren Hunsrück-Eifel-Kultur*, Habilitation Kiel 2010 zur Archäologischen Kulturgeographie), war 2011 Senior Fellow im Projekt A-I-21 des Exzellenzclusters Topoi und ist seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Seine Hauptforschungsinteressen umfassen die Eisenzeitforschung, Quantitative Archäologie, archäologische Modellierung, Territorialität, Urbanisierung und Zentralität.

In der Reihe BERLIN STUDIES OF THE ANCIENT WORLD erscheinen Monographien und Sammelbände aller altertumswissenschaftlichen Disziplinen.

Die Publikationen gehen aus der Arbeit des Exzellenzclusters *Topoi. The Formation and Transformation of Space and Knowledge in Ancient Civilizations* hervor, einem Forschungsverbund der Freien Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin sowie den Partnerinstitutionen Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Deutsches Archäologisches Institut, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte und Stiftung Preußischer Kulturbesitz.

Die Reihe ist Bestandteil der Publikationsplattform *Edition Topoi*. Alle Bände der Reihe sind elektronisch unter www.edition-topoi.org verfügbar.

56 BERLIN STUDIES OF
THE ANCIENT WORLD

www.edition-topoi.org

ISBN 978-3-9819685-4-5



9 783981 968545