

Die antike Karte von Germania des Klaudios Ptolemaios

Andreas Kleineberg, Christian Marx, Eberhard Knobloch und Dieter Lelgemann

Zusammenfassung

Gegeben wird eine Übersicht über die Methode, mittels der die (stark verzerrten) numerischen geografischen Angaben des Klaudios Ptolemaios zu über 6300 Orten der *Oikumene* sachgerecht entzerrt und derart die antiken Orte mit modernen Orten identifiziert werden können. Angaben über antike Handelswege in und um Deutschland (Bernsteinstraßen, Hellweg usw.) beruhen auf den für dieses Gebiet bereits abgeschlossenen Identifizierungsarbeiten. Es ist die sorgfältige Arbeit der antiken Landmesser, die die Erkundung der bisherigen umfangreichen »weißen Flecken« in der Karte der *Oikumene* von Thule bis zum Äquator, vom Atlantik bis nach China ermöglicht.

Summary

The paper is an overview about an expert method for a rectification of the (highly disturbed) numerical geographical data of Claudius Ptolemy for about 6300 localities in the ancient Oikumene as well as an identification of the ancient with modern places. Specifications about the ancient trade routes in and around Germany (amber routes, Hellweg etc.) are based on the identification work already finished for this region. The careful work of the ancient land surveyors makes an inquiry into the hitherto existing extensive »white spots« in the map of the Oikumene possible, from Thule to the equator, from the Atlantic up to China.

Schlagworte: Klaudios Ptolemaios, Geographike Hyphegesis, Germania, Entzerrung, Antike Handelswege

1 Vorbemerkungen

Wissen vor Meinen, Sein vor Schein.
Carl Friedrich Gauß

Das antike Wissen der Griechen über Erde und Kosmos beruhte nicht mehr auf mystischen Vorstellungen; wie in der Neuzeit basierte es auf einer bereits hoch entwickelten Messkunst. Zum Verständnis dieses Wissens sind vor allem die numerischen Angaben des Klaudios Ptolemaios (ca. 100–178) in seinen beiden Abhandlungen »*Mathematike Syntaxis*« (Almagest) und »*Geographike Hyphegesis*« von entscheidender Bedeutung. Hierbei handelt es sich insbesondere um

- die astronomischen Bahnparameter von Sonne, Mond und Planeten sowie
- die geografischen Längen- und Breitenangaben für die ca. 6300 Orte bzw. (zur Orientierung dienenden) Ge-

ländemarken der *Oikumene*, also der bewohnten Welt, soweit sie den Griechen bekannt war.

Zur Analyse dieser numerischen Daten wurde vor etwas längerer Zeit von zwei Fachgebieten der TU Berlin (Geschichte der exakten Wissenschaften und der Technik (Knobloch) sowie Astronomische und physikalische Geodäsie (Lelgemann)) eine kleine, interdisziplinäre Forschungsgruppe gegründet, finanziert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Es erwies sich als unumgänglich, auch die Erfindung der Messkunst, also der Verknüpfung von Messtechnik und angewandter Mathematik, zu untersuchen. Das war zum Verständnis sowohl der groben Verzerrungen der geografischen Angaben des Ptolemaios als auch der hohen Genauigkeit der entzerrten Daten notwendig.

Seit Thales beruhte die antike Messtechnik auf Strecken-, Zeit- und Winkelmessungen (Lelgemann 2010); der Begriff der Masse wurde dagegen erst in der Neuzeit von Isaac Newton eingeführt. Die angewandte Mathematik der Griechen zur Verknüpfung derartiger Messdaten erweist sich dabei als ein achtetes Weltwunder, als ein geistiges und damit unvergängliches Gebäude, das die Griechen vor allem zur Lösung praktischer Probleme auf drei Säulen errichteten: Trigonometrie/Goniometrie (Thales, Archimedes), Sphärische Trigonometrie (Meneaios) und in der Himmelskinematik das Exzenter/Epizykel/Aequant-Konzept (Hipparch, Apollonios von Perge und Ptolemaios) zur Konstruktion ellipsenförmiger Planetenbahnen.

Eine Zusammenfassung unserer Untersuchungsergebnisse findet der interessierte Leser in der Monographie Lelgemann (2010).

2 Zu den geografischen Daten des Ptolemaios

Von den ca. 6300 Orten/Geländemarken, deren geografische Koordinaten Ptolemaios in der »*Geographike Hyphegesis*« angibt, sind bis heute weit weniger als die Hälfte mit modernen Orten identifiziert, der überwiegende Teil davon in Europa und Vorderasien (Barrington Atlas (Talbert 2000)). Aber sogar in Europa gibt es noch »weiße Flecken«, insbesondere »*Germania Magna*« zwischen Donau und Nord-/Ostseeküste, zwischen Rhein und Weichsel. Die Erkundung dieser »weißen Flecken« in der antiken Karte der *Oikumene* erweist sich als nicht weniger spannend als die Erkundung der »weißen Flecken« in der Karte von Afrika im 19. Jahrhundert.

Das Resultat einer bislang stark lückenhaften Karte der *Oikumene* ist nicht zuletzt mangelndes Verständnis für

die Hauptverkehrsverbindungen in der Antike, die von wesentlicher Bedeutung waren:

- für das Militär und die Verwaltung der antiken Imperien wie
- für den Handel und den Kulturaustausch zwischen den Völkern.

Ist es undenkbar, dass eine sogenannte »Globalisierung« bereits in der Antike zu verzeichnen ist? Was spricht dafür, was dagegen? Auf welchen Wegen wurden die äußerst begehrten Seidenstoffe von China nach Rom gebracht und was floss zurück? Auf welchen Wegen gelangte der Bernstein von der Weichselmündung nach Rom und nach Griechenland? Auf welchen Wegen verbreitete sich das auf Nippur-Elle/Gudea-Fuß beruhende System der antiken Längenmaßeinheiten von Mesopotamien zum Atlantik und bis nach China?

Will man die numerischen Angaben des Klaudios Ptolemaios zur Rekonstruktion einer aus der Antike stammenden Karte der *Oikumene* verwenden, so stößt man nach unseren Erfahrungen zunächst auf vier gravierende Schwierigkeiten:

1. das Auftreten von Schreibfehlern im überlieferten Text (Stückelberger und Mittenhuber 2009, S. 114–118), die zunächst nicht erkennbar sind, da die ältesten erhaltenen Handschriften um 1300 entstanden sind und somit mehr als tausend Jahre Überlieferungsgeschichte des antiken Textes im Dunkeln liegen (Stückelberger und Mittenhuber 2009, S. 320),
2. sehr großräumige Verzerrungen, nicht zuletzt durch Fehler in den geografischen Breitenangaben (z.B. für Byzanz und Karthago), die Ptolemaios aus unbekannten Quellen übernommen hat,
3. regionale Verzerrungen innerhalb der einzelnen Länder infolge der Zusammenfügung von regionalen Einzelkarten und unterschiedlichen Informationen zu den einzelnen Gebieten durch Ptolemaios,
4. Maßstabsverzerrungen, die sich (weitgehend) auf Missverständnisse der antiken Längenmaßeinheiten durch Ptolemaios zurückführen lassen.

Ohne zusätzliche Informationen ist daher eine Entzerrung der Daten des Ptolemaios und somit eine Identifikation der antiken Orte mit modernen Ortschaften unmöglich. Generell verfügt man über die folgenden Informationen:

- numerische Daten,
- topographische Informationen,
- toponomastische (ortsnamenkundliche) Informationen,
- archäologische Fundstätten.

Ziel der interdisziplinären Analyse der antiken Daten an der TU Berlin ist es, alle Informationen – soweit den Autoren bekannt – widerspruchsfrei zu verknüpfen. Bislang unbekannte – z.B. archäologische – Informationen können später jederzeit nachträglich berücksichtigt werden.

Grundlage für die Erfassung der numerischen Daten bildet Stückelberger und Graßhoff (2006), ergänzt durch

weitere Informationen, z.B. Humbach und Ziegler (1998). Grundlage für die Erfassung der topographischen Daten bilden der Times-Atlas (Times Books 2005), großmaßstäbige Karten von Einzelgebieten, Google Earth sowie verschiedene Internet-Quellen. Grundlage für die Erfassung toponomastischer und archäologischer Informationen bildet der Barrington-Atlas (Talbert 2000), ergänzt durch umfangreiche Forschungsliteratur.

Alle Daten für Europa konnten bereits analysiert und die Identifizierungen der ptolemäischen Orte mit modernen Orten (bis auf wenige Ausnahmen) durchgeführt werden. Mit der Entzerrung der Daten für Asien und Afrika wurde zwischenzeitlich begonnen. Beispielsweise konnte auch der östliche Teil der »Seidenroute zur See« rekonstruiert werden, von *Kurula* (Cuddalore) über *Palura* (auf den Nikobaren) der Straße von Malakka/*Sabana emporion* (Singapur) folgend nach *Kattigara* (Insel Karimata westlich von Borneo) und dann nordwärts längs der Küste von Vietnam nach *Aspithra* (Haiphong) in China.

3 Zur geodätischen Entzerrung der Koordinatenangaben des Ptolemaios

Die Entwicklung einer Methodik zur widerspruchsfreien Verknüpfung bzw. Überprüfung aller Informationen resultierte in einem statistisch-geodätischen Analyseverfahren (siehe Kleineberg u.a. 2010, S. 9 ff.), das in ein Programmsystem umgesetzt und anhand der Daten für Europa gründlich getestet wurde. In das Analyseverfahren fließen die (nicht immer eindeutigen) antiken Koordinaten der ptolemäischen Orte sowie die modernen Koordinaten ihrer (zum Teil je Ort mehrfach vorhandenen) Identifizierungen ein.

Standardmäßig wurden hierbei zufällige, grobe und systematische Fehler in den Angaben des Ptolemaios in Betracht gezogen.

Hinsichtlich der zufälligen Fehler tritt unter allen Koordinatenangaben des Ptolemaios $\frac{1}{12}^\circ = 5'$ als kleinster Bruchteil eines Grades auf. Für das Gebiet von *Germania Magna* ergab eine Analyse der Häufigkeit der Vorkommen einzelner Minutenwerte, dass die Koordinaten kaum mit einer Auflösung von $5'$ auftreten, sondern vielmehr mit einer Auflösung von minimal $\frac{1}{6}^\circ = 10'$. Die zufälligen Fehler werden im Laufe der Analyse in Abhängigkeit von Region (stärkere Verzerrung z.B. in gesamt *Gallia*), Ort (Typ: Stadt oder z.B. Flussmündung; Sicherheit der Identifizierung) und Koordinate (Länge/Breite; Minutenwert) mittels a priori Standardabweichungen im Bereich von $6'$ bis $15'$ (selten) modelliert.

Der größte Teil der groben Fehler dürfte auf (Ab-)Schreibfehler zurückgehen; diese machen eine Berücksichtigung der in den verschiedenen Manuskripten überlieferten Koordinaten unumgänglich.

Systematische Fehler entstanden dadurch, dass Ptolemaios Informationen aus Reiseberichten und Itinerarien,

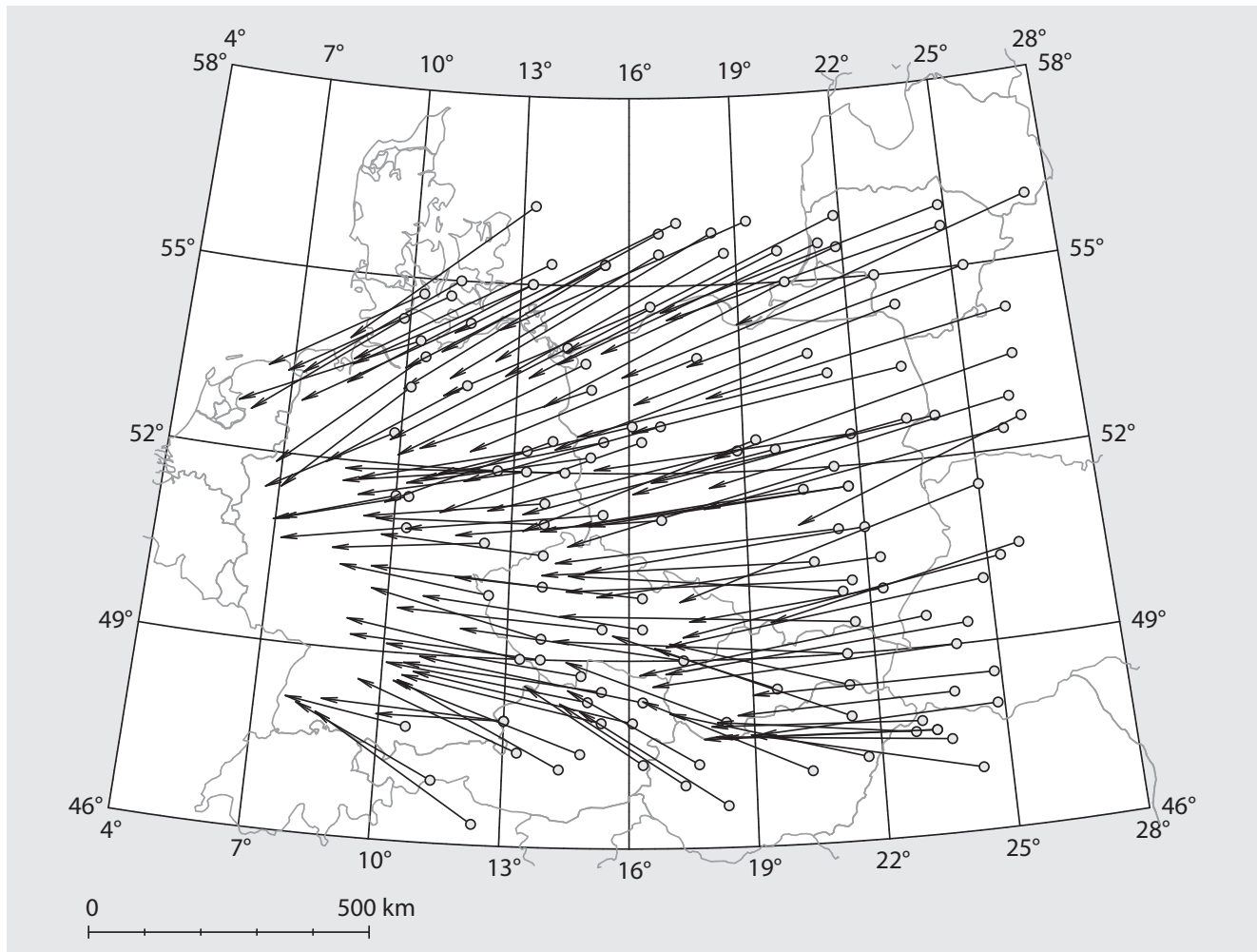


Abb. 1: Verzerrungsvektorbild für *Germania Magna* (Azimutalprojektion, schiefachsiger, konform)

geodätische Messdaten sowie regionale Karten zu seiner Karte der *Oikumene* zusammenfügen musste, aber auch durch fehlerhafte Informationen der geografischen Breite für Orte, die er dabei als Referenzpunkte verwendet hat. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass Maßstabsprobleme im Hinblick auf die vielfältigen (auch geografischen) Längenmaßeinheiten des Altertums auftraten (Lelgemann 2010, S. 72–82).

Die systematischen Fehler bereiten die größten Schwierigkeiten bei der geodätischen Entzerrung der Koordinatenangaben des Ptolemaios, insbesondere dann, wenn keine oder wenige sichere Referenzpunkte aufgrund anderweitiger Informationen zur Verfügung stehen wie im Falle von *Germania Magna*.

Abb. 1 veranschaulicht die auftretenden Verzerrungen am Beispiel von *Germania Magna*. Da der Unterschied zwischen dem ptolemäischen und dem modernen geografischen Koordinatensystem nur in dem von Ptolemaios verwendeten Nullmeridian bei Ferro ($\lambda = -17^\circ 40'$) besteht, wurden die ptolemäischen Orte (Λ_i, Φ_i) zunächst mittels einer einfachen Transformation $\Lambda'_i = \Lambda_i - 17^\circ 40'$ ins moderne Koordinatensystem übertragen (kreisförmige Punkte in Abb. 1). Wie zu erkennen ist, liegen die Orte zum Teil in der Ostsee und viel zu weit östlich. Letzteres ist mit der global auftretenden maßstäblichen Verzerrung (>1) der

ptolemäischen Längenangaben zu erklären (s.u.). Damit wird deutlich, dass sich aus den ptolemäischen Koordinaten der antiken Orte nicht ohne weitergehende Analysen deren moderne Entsprechungen ableiten lassen. Abb. 1 zeigt weiterhin die Differenzenvektoren zwischen den antiken Ortslagen (Λ'_i, Φ_i) und den ermittelten modernen Identifizierungen (λ_i, ϕ_i). Anhand der Differenzenvektoren wird eine maßstäbliche Verzerrung >1 der ptolemäischen Breitenangaben im Untersuchungsgebiet deutlich. Weiterhin zeigen sich regional ähnliche Differenzenvektoren, die auf regionale Verschiebungen hindeuten.

Die bisher genannten Annahmen zu den Fehlern der ptolemäischen Daten führen zu folgendem Ansatz für eine Transformation der als fehlerfrei angenommenen modernen geografischen Länge λ_i und Breite ϕ_i eines Ortes in die fehlerbehafteten ptolemäischen Koordinaten Λ_i und Φ_i dieses Ortes:

$$\begin{aligned}\Lambda_i + \nu_{\Lambda i} &= m_{\lambda} \lambda_i + \Lambda_0 \\ \Phi_i + \nu_{\Phi i} &= m_{\phi} \phi_i + \Phi_0.\end{aligned}\quad (1)$$

Dabei sind Λ_0 und Φ_0 Verschiebungsparameter, m_{λ} und m_{ϕ} Maßstabsfaktoren sowie $\nu_{\Lambda i}$ und $\nu_{\Phi i}$ zufällige Restfehler (Verbesserungen).

Das angewendete rechnerische Analyseverfahren sieht vor, mittels einer mehrstufigen, kombinatorischen Methode zur Segmentierung konsistenter Datengruppen einzelne Ortsgruppen homogener Verzerrung zu ermitteln. Für diese Ortsgruppen werden die Transformationsparameter der zu (1) inversen Transformationsrichtung bestimmt, womit sich dann für bisher nicht identifizierte ptolemäische Orte moderne Koordinaten berechnen lassen.

Die Genauigkeit der entzerrten numerischen Angaben des Ptolemaios erweist sich als erstaunlich hoch; sie liegt in der Regel bei 10 bis 20km bzw. 5' bis 10' für die einzelnen Orte. Eine derartige Genauigkeit konnte nur durch ausgebildetes (militärisches) Fachpersonal des Altertums erreicht werden. Als Beispiele für ihr Wirken seien die – teilweise sogar namentlich bekannten – Wegemesser, griechisch *bēmatistai*, genannt, die als Geodäten die Feldzüge Alexanders des Großen begleiteten (Fraser 1966, S. 78–80; eine Übersicht über ihre Vermessungen bei Engels 1978, S. 157–158), oder die Griechen, die im Auftrag Caesars eine Karte der *Oikumene* erstellten (Dilke 1985, S. 40). Ihre Aufzeichnungen wurden in der Bibliothek von Alexandria gesammelt, wo sie neben den Informationen des Marinos von Tyros, eines Geografen des 1./2. Jh., Ptolemaios zur Verfügung standen.

Von Interesse hinsichtlich *Germania* sind die vier folgenden, von Ptolemaios aufgeführten Länder:

- *Germania Magna* nördlich der Donau zwischen Rhein und Weichsel,
- *Gallia Belgica* westlich des Rheins,
- *Raetia* östlich des Bodensees bis zum Lech,
- *Noricum* östlich vom Lech bis nach Ungarn.

Als Ergebnis der Entzerrung zerfiel *Germania Magna* in zwölf, *Gallia Belgica* in elf, sowie *Raetia* und *Noricum* in jeweils drei Einzelgebiete homogener Verschiebung. Für jedes Einzelgebiet sind in Tab. 1 die Anzahl der sich darin befindlichen antiken Orte angegeben, insgesamt ca. 250. Ferner sind angegeben:

- $\bar{\lambda}_0$, $\bar{\phi}_0$: generelle Verschiebungsparameter für die vier Länder,
- $\Delta\lambda_0$, $\Delta\phi_0$: Differenzen der Verschiebungsparameter der Einzelgebiete gegenüber $\bar{\lambda}_0$ bzw. $\bar{\phi}_0$ mit $\Delta\lambda_0 = \lambda_0 - \bar{\lambda}_0$ und $\Delta\phi_0 = \phi_0 - \bar{\phi}_0$,
- m_Λ , m_Φ : Maßstabsfaktoren für die vier Länder,
- $\bar{s}_\Lambda$, $\bar{s}_\Phi$: Mittelwerte der a posteriori Standardabweichungen der entzerrten antiken Ortsangaben in den Einzelgebieten.

Die Parameter $\bar{\lambda}_0$, $\bar{\phi}_0$, m_Λ und m_Φ beziehen sich dabei auf die entzerrnde Transformation, d. h. auf die zu (1) inverse Transformationsrichtung.

Bei den Maßstabsfaktoren handelt es sich um zunächst postulierte Werte, die im Nachhinein durch eine Ausgleichung und anschließendem Student-Test überprüft wurden. Bei statistisch signifikanter Abweichung zwischen postuliertem Wert m und ausgeglichenem Wert $\hat{m}$ wird

Tab. 1: Entzerrungsparameter und Genauigkeit in den Einzelgebieten

Einzelgebiet	Anzahl Orte	$\Delta\lambda_0$	$\Delta\phi_0$	$\bar{s}_\Lambda$ [km]	$\bar{s}_\Phi$ [km]
<i>Germania Magna:</i> $\bar{\lambda}_0 = -12^\circ 21'$, $\bar{\phi}_0 = 14^\circ 08'$, $m_\Lambda = 0.69$, $m_\Phi = 0.71$					
1	13	$-0^\circ 34'$	$-0^\circ 01'$	8	17
2	13	$-0^\circ 12'$	$-0^\circ 13'$	13	13
3	13	$0^\circ 11'$	$0^\circ 14'$	8	15
4	4	$0^\circ 15'$	$-0^\circ 05'$	*8	*9
5	7	$0^\circ 04'$	$-0^\circ 19'$	13	19
6	17	$0^\circ 09'$	$0^\circ 10'$	12	17
7	10	$0^\circ 17'$	$0^\circ 31'$	10	13
8	11	$-0^\circ 04'$	$0^\circ 16'$	10	11
9	10	$-0^\circ 16'$	$0^\circ 06'$	11	20
10	10	$2^\circ 22'$	$0^\circ 37'$	12	13
11	6	$0^\circ 10'$	$-0^\circ 38'$	12	13
12	12	$2^\circ 12'$	$-0^\circ 24'$	16	19
<i>Gallia Belgica:</i> $\bar{\lambda}_0 = -14^\circ 35'$, $\bar{\phi}_0 = 11^\circ 24'$, $m_\Lambda = 0.77$, $m_\Phi = 0.77$					
1	6	$-1^\circ 23'$	$-0^\circ 19'$	14	15
2	5	$0^\circ 22'$	$0^\circ 18'$	19	19
3	13	$-0^\circ 49'$	$-1^\circ 31'$	14	17
4	5	$-0^\circ 31'$	$-0^\circ 21'$	11	30
5	6	$-0^\circ 02'$	$0^\circ 44'$	18	22
6	5	$1^\circ 05'$	$1^\circ 11'$	11	22
7	4	$1^\circ 42'$	$-0^\circ 04'$	*12	*15
8	12	$0^\circ 44'$	$0^\circ 02'$	16	13
9	9	$0^\circ 26'$	$0^\circ 26'$	17	9
10	5	$-0^\circ 09'$	$0^\circ 04'$	12	22
11	5	$-1^\circ 26'$	$-0^\circ 30'$	25	22
<i>Raetia:</i> $\bar{\lambda}_0 = -11^\circ 47'$, $\bar{\phi}_0 = 14^\circ 35'$, $m_\Lambda = 0.69$, $m_\Phi = 0.71$					
1	11	$-0^\circ 15'$	$0^\circ 11'$	12	11
2	6	$0^\circ 21'$	$0^\circ 01'$	19	13
3	5	$-0^\circ 06'$	$-0^\circ 12'$	13	*11
<i>Noricum:</i> $\bar{\lambda}_0 = -13^\circ 12'$, $\bar{\phi}_0 = 11^\circ 58'$, $m_\Lambda = 0.77$, $m_\Phi = 0.77$					
1	6	$0^\circ 27'$	$0^\circ 17'$	19	*11
2	3	$0^\circ 13'$	$0^\circ 05'$	14	*9
3	10	$-0^\circ 40'$	$-0^\circ 22'$	13	19

* a priori Standardabweichung bei unrealistischer Überschätzung der Genauigkeit

der postulierte Wert an das Ausgleichungsergebnis angepasst, bis das iterative Verfahren

1. Bestimmung von Einzelgebieten homogener Verschiebung mit postuliertem m ,
2. Ausgleichung von m unter Heranziehung aller Einzelgebiete,
3. Student-Test, ob $\hat{m} - m = 0$

keine signifikanten Abweichungen mehr ergibt. Dieses Vorgehen ist nötig, da sich bei den relativ großen zufälligen Fehlern der antiken Koordinaten ohne Restriktionen für die Maßstabsparameter unplausible Maßstabswerte und damit fehlerhafte Einzelgebiete ergeben können. In Regionen mit großer Anzahl an Orten (großer Redundanz) wie *Germania Magna* und *Gallia* stimmen die ausgeglichenen Maßstabswerte gut mit den postulierten Werten überein:

Germania Magna

$$\hat{m}_\lambda = 1.44 \pm 0.02 \approx 1.45 = m_\lambda = 1/m_\Lambda$$

$$\hat{m}_\phi = 1.40 \pm 0.02 \approx 1.40 = m_\phi = 1/m_\Phi$$

Gallia

$$\hat{m}_\lambda = 1.29 \pm 0.02 \approx 1.30 = m_\lambda = 1/m_\Lambda$$

$$\hat{m}_\phi = 1.30 \pm 0.02 \approx 1.30 = m_\phi = 1/m_\Phi$$

Wie die bisherigen Untersuchungen für Europa bestätigen, verzerrt ein Maßstabsfaktor >1 generell die Längenangaben der gesamten Karte der Oikumene des Ptolemaios. Von besonderem Interesse sind die Faktoren $1.45 \approx 1.40 = 7/5$ und $1.30 \approx 5/4$. Der Faktor $7/5$ kann auf zwei verschiedene Stadiondefinitionen zurückgeführt werden:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Stadion des Eratosthenes} &= 600 \text{ Gudea-Fuss} \\ &= 600 \cdot 0.26455 \text{ m} \\ &= 158.73 \text{ m}, \\ 1 \text{ Stadion des Marinos} &= 600 \text{ Nippur-Remen} \\ &= 600 \cdot 0.37035 \text{ m} \\ &= 222.22 \text{ m}, \end{aligned}$$

wobei

$$7/5 = 252/180 = 222.22/158.73 = 1.40.$$

Offensichtlich hat Marinos die in der Antike allgemein akzeptierte Angabe des Erdumfanges durch Eratosthenes von 252000 Stadien umgerechnet in 180000 der in Syrien gebräuchlichen, auf dem Nippur-Remen beruhenden Stadien und Ptolemaios hat die Angaben des Marinos übernommen.

Der Maßstabsfaktor $1/1.30 \approx 0.77 \approx 4/5$ ergibt sich mittels einer Fußmaßeinheit von

$$\begin{aligned} (24/25) \text{ Pes Romanus} &= (4/5) \text{ Pous Basilikos} \\ &= (4/5) 355.5 \text{ mm} \\ &= 284.4 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Ein konkreter Maßstab wurde für ein derartiges Fußmaß bisher nicht aufgefunden, jedoch konnte es auch an antiken Bauwerken nachgewiesen werden; es gehörte zu dem in Europa weit verbreiteten Basilikos-System wie der uralte Englische Fuß:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Englischer Fuß} &= (16/28) \text{ Pechys Basilikos} \\ &= 304.8 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Abb. 2 zeigt die Residuenvektoren nach einer entzerrten Transformation der ptolemäischen Ortsangaben mittels der Entzerrungsparameter aus Tab. 1. Im Vergleich zu Abb. 1 zeigen sich nun wesentlich kleinere Differenzen zu den modernen Ortslagen, deren Beträge vereinbar mit der Größenordnung der zufälligen Fehler der antiken Koordinaten sind. Die Residuenvektoren weisen i. d. R. keine Restsystematiken auf, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das angesetzte Verzerrungsmodell (1) die vorhandene Systematik genau genug erfasst.

Eine detailliertere Erläuterung der verwendeten Entzerrungsmethodik muss einer längeren Abhandlung vorbehalten bleiben.

4 Germania und die Insel Thule

Von besonderem Interesse erwies sich die Entzerrung der ptolemäischen Daten für *Germania Magna*, da uns Ptolemaios die genaueste topographische Beschreibung Germaniens liefert, die sich aus dem Altertum erhalten hat. Anders als bei vielen Orten, die im Gebiet des Römischen Reiches lagen, lassen sich jedoch die von ihm erwähnten germanischen Ortsnamen weder mit modernen Namen in Verbindung bringen noch inschriftlich in archäologischen Fundstätten belegen. Mit der oben (Abschnitt 3) beschriebenen Methodik, die erstmals auf die Ortsangaben des Ptolemaios angewendet wurde, konnte nun die Entzerrung dieser Daten durchgeführt und die Identifizierung der antiken Orte abgeschlossen werden; Einzelheiten hierzu finden sich in Kleineberg u. a. (2010).

Die Informationen über die Topographie Germaniens gehen in der Hauptsache auf die Römer zurück, die dort seit Caesar in vielfältiger Weise aktiv waren. Neben den Berichten von Händlern, die jedoch keine Vermessungsarbeiten ausführten, werden zu einem nicht unbeträchtlichen Teil die Arbeiten geschulter Landmesser die kartografische Darstellung Germaniens ermöglicht haben, da nur sie eine sachgerechte Raumerfassung vornehmen konnten. Ein wichtiges Zeugnis dafür ist der Bericht des Plinius (*Naturalis historia* XXXVII, 45), dass ein römischer Ritter (*eques*) einen Verkehrsweg erkundet habe, der im östlichen Germanien von der Donau bis zur Ostseeküste führte. Als Angehöriger des Ritterstandes verfügte jener Römer über eine militärische Ausbildung. Es ist anzunehmen, dass er mit jener Erkundung beauftragt

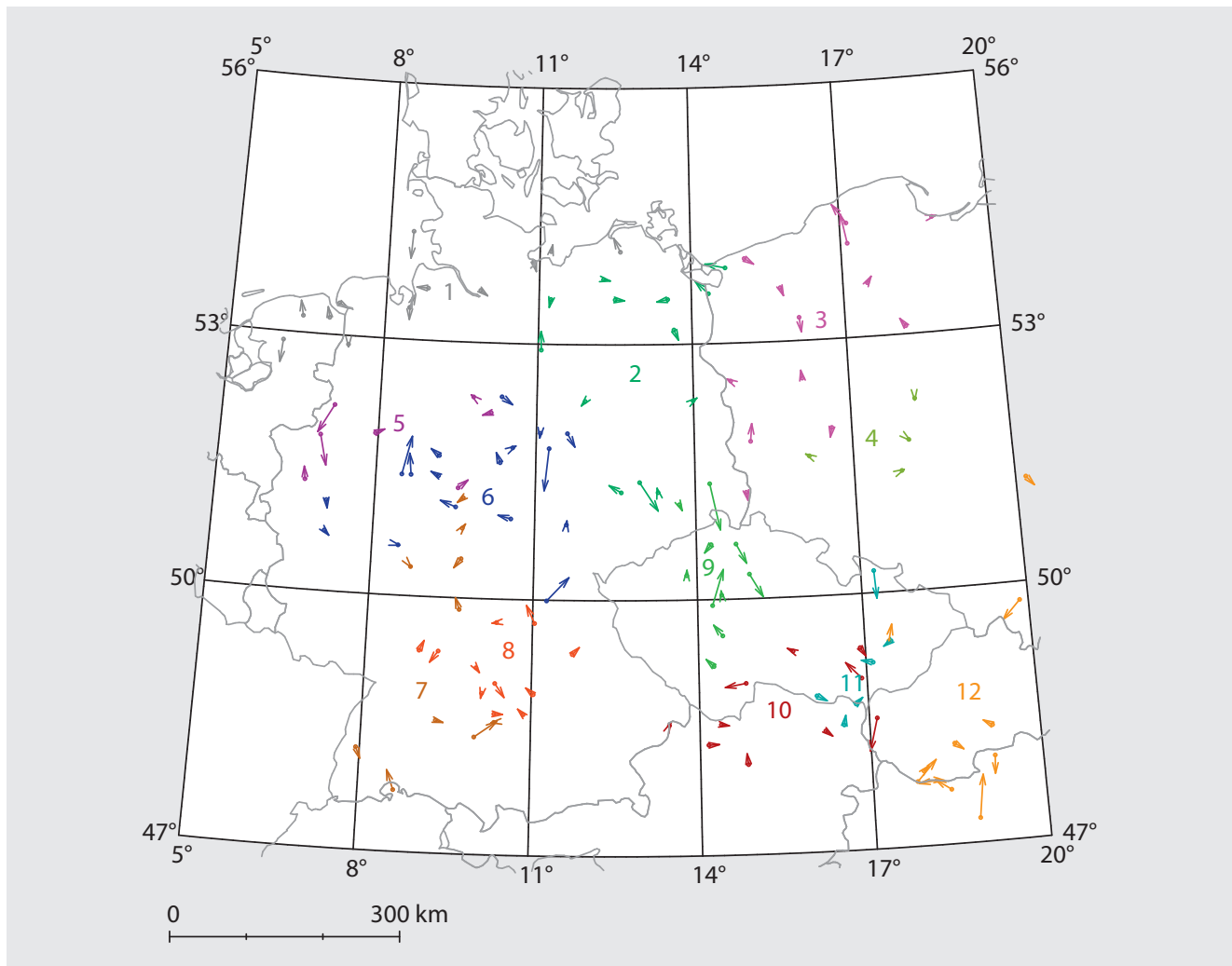


Abb. 2: Residuenbild nach einer entzerrenden Transformation der antiken Orte für *Germania Magna* (Azimutalprojektion, schiefachsige, konforme)

wurde, weil er eine exakte Vermessung, die auch für Planungen im Kriegsfall nützlich war, durchführen konnte.

Obwohl Ptolemaios, anders als die antiken Itinerarien, keine Angaben über Straßenverbindungen macht, muss dennoch davon ausgegangen werden, dass die meisten der von ihm erwähnten Orte an Verkehrswegen gelegen haben, die sowohl für militärische Zwecke als auch für den Warenaustausch genutzt wurden. Seine Ortsangaben spiegeln somit einen Teil des Wegenetzes im alten Germanien wider. Einige der von Ptolemaios erwähnten Namen können beispielsweise Verarbeitungsstätten, Umschlags- und Stapelplätze, Stationen für den Pferdewechsel, Flussfurten und ähnliche Punkte bezeichnen.

Eine wichtige Rolle innerhalb dieses Wegenetzes spielten die sogenannten Bernsteinstraßen, welche die Fundorte des Bernsteins mit den Verbrauchsländern in Mittel- und Südeuropa verbanden. In der frühen römischen Kaiserzeit, in der auch die kurz nach 150 verfasste »*Geographike Hyphegesis*« entstanden ist (Stückelberger und Graßhoff 2006, Bd. 1, S. 11), erlebte der Bernsteinhandel eine Blüte. Neben dem Bernstein haben die Handelswege in Germanien auch dem Transport anderer Waren gedient. So wurden aus Germanien beispielsweise Vieh,

Felle, Getreide und Sklaven ins Römische Reich exportiert (v. Uslar 1975, S. 101).

Seit langem beschäftigen sich Archäologen, Historiker und andere Forscher damit, den Verlauf der Bernsteinstraßen zu rekonstruieren (vgl. z.B. Andrée 1951, S. 89, Wheeler 1965, S. 25–39, Biliński 1964, Freising 1977, Kulakow 2005). Vermittels der geodätischen Analyse der ptolemäischen Koordinatenangaben konnten die früheren Arbeiten teils bestätigt, teils präzisiert werden. Die Ergebnisse sind im Wesentlichen die folgenden (vgl. auch Abb. 3).

Von der Adria kommend erreichte eine Bernsteinstraße bei *Carnuntum*/Petronell die Donau, wo sie das Römische Reich verließ. Auf der nördlichen Donauseite führte sie in Germanien das Marchtal entlang nach *Parienna*/Lundenburg und weiter nach Brünn. Hier traf sie mit einer Route zusammen, die in *Scarbantia*/Sopron, also schon in der römischen Provinz *Pannonia Superior*, abzweigte, die Donau bei *Vindobona*/Wien passierte und durch das Weinviertel verlief. Von *Eburodunum*/Brünn aus ging es in nordöstlicher Richtung zur Mährischen Pforte ($\lambda = 17^\circ 45'$, $\phi = 49^\circ 35'$). Das an die Mährische Pforte grenzende Odergebirge erscheint bei Ptolemaios als östli-

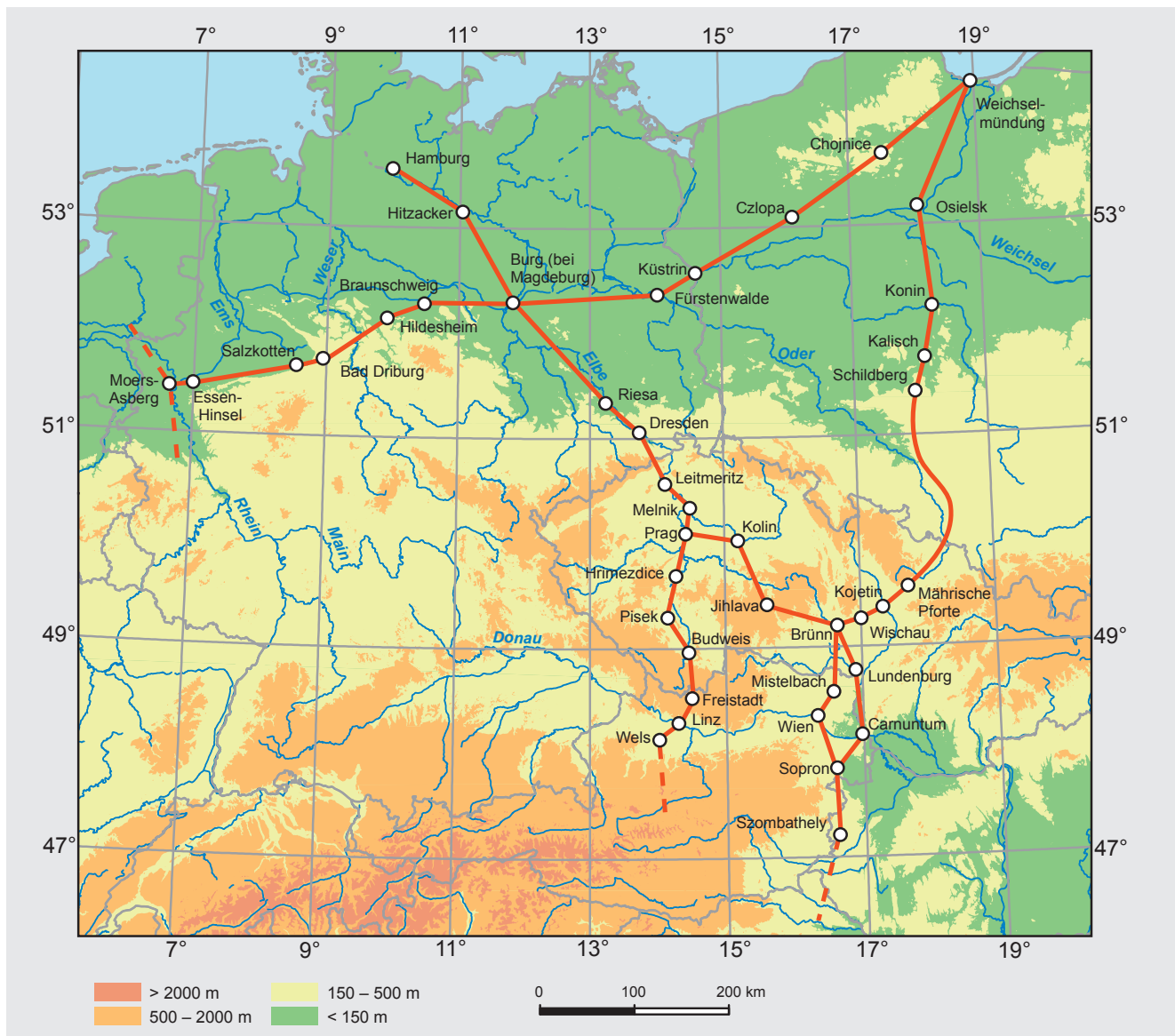


Abb. 3: Bernsteinstraße und weitere bedeutende Handelswege in *Germania Magna*

ches Ende eines Gebirgszuges, den er *Sudeta* nennt. Dann folgte die Bernsteinstraße zunächst dem Oberlauf der Oder. Depotfunde von Bernstein bei Breslau (Nowothnig 1937, Andrée 1951, S. 89) lassen auf einen Handelsplatz am Oderübergang schließen. Obgleich die Gegend von Breslau bei Ptolemaios nicht erscheint, zeigen dennoch mehrere von ihm genannte Stationen, u.a. *Calisia*/Kalisch und *Setidava*/Konin, deutlich den weiteren Verlauf bis zur Danziger Bucht an. Den Weg zu den Fundstätten des Bernsteins, die zwischen dem Frischen und dem Kurischen Haff auf der Halbinsel Samland lagen, kennt Ptolemaios allerdings nicht – möglicherweise wollten die Händler diesen wichtigen Abschnitt der Bernsteinstraße geheimhalten.

Ein zweiter Verkehrsweg ging von der Adria über *Virunum*/Zollfeld (bei Klagenfurt) und *Ovilava*/Wels zu einem von Ptolemaios erwähnten Donauübergang bei *Usbium*/Linz. Anschließend lassen die ptolemäischen Ortsangaben deutlich den Weg über Prag zur Elbe erkennen, zu der auch eine Straße aus *Eburodunum*/Brünn stößt.

Die Elbe selbst war eine wichtige Verbindung zur Nordsee, wo bereits Pytheas von Massilia um 330 v. Chr. auf seiner Schiffsexpedition die in der Deutschen Bucht liegenden Fundstätten des Bernsteins erkundet hatte. Mehrere ptolemäische Orte können an der Elbe lokalisiert werden. Die bisherige Vermutung, die Elbe sei der schon von Hesiod (*Theogonia* 338; 8. Jh. v. Chr.) und Herodot (III, 115; 5. Jh. v. Chr.) erwähnte Bernsteinfluss *Eridanos* (Henning 1925, S. 92–94), kann dadurch bestätigt werden.

Nicht nur für den Handel, sondern auch für militärische Operationen bedeutsam war der Hellweg am Nordrand der deutschen Mittelgebirge, der einen Einfallskorridor für die römischen Legionen nach Germanien und zugleich eine wichtige Verbindung zwischen Rhein und Elbe bildete. Mehrere der von Ptolemaios genannten Orte können mit dem Hellweg in Verbindung gebracht werden (*Nomisterium*/bei Leitmeritz, *Lupfurdum*/bei Dresden, *Calaegia*/bei Dresden, *Mesuium*/bei Burg bei Magdeburg, *Leufana*/bei Hitzacker, *Treva*/bei Hamburg). Darüber hi-

naus lässt sich anhand seiner Angaben der Verlauf dieses Verkehrsweges über die Elbe hinaus weiter verfolgen. Durch die Gegend von *Susudata*/Fürstenwalde und *Colanconum*/Küstrin führte er über *Viritium*/Człopa und *Scurgum*/Chojnice ins nordöstliche Germanien, wo er schließlich auf die Bernsteinstraße traf (s. hierzu Kleineberg u. a. 2010, S. 26).

Neben dem Hellweg und den Bernsteinstraßen gab es weitere Verbindungen; erkennbar ist beispielsweise eine West-Ost-Verbindung im nördlichen Germanien. Eine eingehende Darstellung der Verkehrswege in Germanien, bei der die Ergebnisse der geodätischen Entzerrung und der Ortsidentifizierung vor allem mit den archäologischen Befunden verknüpft werden, ist in einer weiteren Veröffentlichung geplant.

Ebenso wie die Germanienkarte des Ptolemaios ist die Frage, wo die Insel *Thule* gelegen hat, Gegenstand zahlloser Untersuchungen gewesen. *Thule* war der nördlichste Punkt, den Pytheas von Massilia während der erwähnten Schiffsexpedition erreicht hat, und bildete zugleich die nördliche Grenze der im Altertum bekannten *Oikumene*. Waren auch vorrangig die Handelsinteressen der Kaufleute von Massilia der Grund jener Seereise, so hat Pytheas als Forscher dabei dennoch wissenschaftliche Erkundungen in den Ländern des Nordens unternommen und die Ergebnisse seiner Beobachtungen in mehreren Schriften festgehalten. Leider gingen seine Werke verloren und spätere Autoren versuchten, ihn zu diskreditieren, wie z. B. Strabon, der ihn als »gewaltigen Lügner« (I, 4, 39) bezeichnet und von seinen »Schwindeleien« spricht (II, 3, 5). Die genaue Lage der Insel *Thule* war daher bald unbekannt und so wurde *Thule* seit der Antike Gegenstand mythischer Ausschmückungen (Bianchetti 1998, S. 68–80). In der Neuzeit kristallisierten sich in der Forschungsliteratur neben den Färöer-Inseln drei Vorschläge zur Identifizierung von *Thule* heraus: Island, die Shetland-Inseln und die norwegische Küste (Bianchetti 1998, S. 61, Anm. 112–116). Durch eine Auswertung der schriftlichen antiken Quellen in Verbindung mit einer Analyse der ptolemäischen Koordinatenangaben konnte nun gezeigt werden, dass es sich bei *Thule* um die Trondheimer Bucht handelt und somit Pytheas wahrscheinlich als erster Grieche auf der Insel Smøla die Küste Skandi-naviens erreicht hat (Kleineberg u. a. 2010, S. 104–114).

5 Abschlussbemerkungen

Die Geodäsie bildet einen beachtlichen Aspekt der menschlichen Kulturgeschichte, wegen mangelnder Sachkenntnisse oft unterschätzt seitens der Wissenschaftshistoriker. Die geografischen Angaben des Ptolemaios gehen wegen ihrer hohen Genauigkeit sicherlich zu einem nicht unbedeutenden Teil auf die Arbeit von sachgerecht ausgebildeten Landmessern zurück. Gelingt es, sie zu entzerren, ergibt sich erstmalig eine genaue Übersicht über

die Hauptorte der *Oikumene*, von *Thule* in Norwegen bis zum Äquator im Süden, vom Atlantik bis nach China im Osten. Sie ist nicht nur für auf uralten Pfaden wandernde Touristen von Interesse, auch die Historiker und Archäologen werden wichtige Beiträge zu ihren Fachgebieten aufgrund der Tätigkeit der antiken Landmesser erhalten.

Literatur

- Andrée, K.: Der Bernstein. Kosmos Verlag, Stuttgart, 1951.
 Bianchetti, S.: Pitea di Massalia. L'Oceano. Introduzione, testo, traduzione e commento. Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa/Rom, 1998.
 Biliński, B.: Le vie dell'ambra, la Vistola e le carte geografiche di Tolomeo. In: *Archaeologia Polona*, Nr. 7: S. 135–159, 1964.
 Dilke, O. A. W.: Greek and Roman maps. Thames and Hudson, London, 1985.
 Engels, D. W. E.: Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army. University of California Press, Berkeley/Los Angeles/London, 1978.
 Fraser, P. M.: Cities of Alexander the Great. Clarendon Press, Oxford, 1996.
 Freising, F.: Die Bernsteinstraße aus der Sicht der Straßentrassierung. Kirschbaum Verlag, Bonn-Bad Godesberg, 1977.
 Henning, R.: Von rätselhaften Ländern. Delphin Verlag, München, 1925.
 Humbach, H.; Ziegler, S.: Ptolemy Geography, Book 6. Middle East, Central and North Asia, China. Reichert, Wiesbaden, 1998.
 Kleineberg, A.; Marx, C.; Knobloch, E.; Lelgemann, D.: Germania und die Insel Thule. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 2010.
 Kulakow, V. I.: The Amber lands in the time of the Roman Empire. Archaeopress, Oxford, 2005.
 Lelgemann, D.: Die Erfindung der Messkunst. Angewandte Mathematik im antiken Griechenland. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 2010.
 Stükelberger, A.; Graßhoff, G. (Hrsg.): Klaudios Ptolemaios Handbuch der Geographie. 2 Bde., Schwabe, Basel, 2006.
 Stükelberger, A.; Mittenhuber, F. (Hrsg.): Klaudios Ptolemaios – Handbuch der Geographie. Ergänzungsband. Schwabe, Basel, 2009.
 Talbert, R. J. A. (Hrsg.): Barrington Atlas of the Greek and Roman World. Princeton University Press, Princeton/Oxford, 2000.
 Times Books (Hrsg.): The Times Comprehensive Atlas of the World. 11. HarperCollins, London, 2005.
 Uslar, R. von: Germanische Sachkultur. Böhlau Verlag, Köln/Wien, 1975.
 Wheeler, Sir M.: Der Fernhandel des Römischen Reiches in Europa, Afrika und Asien. R. Oldenbourg Verlag, Oldenburg/München, 1965.

Anschrift der Autoren

M. A. Andreas Kleineberg
 Dipl.-Ing. Christian Marx
 Prof. a. D. Dr.-Ing. Dieter Lelgemann
 Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik
 Technische Universität Berlin
 Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin
 kleinean@fpk.tu-berlin.de
 marx@igg.tu-berlin.de
 lelge@mca.bv.tu-berlin.de

Prof. a. D. Dr. phil. Eberhard Knobloch
 Institut für Philosophie, Literaturgeschichte,
 Wissenschafts- und Technikgeschichte
 Technische Universität Berlin
 Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin
 eberhard.knobloch@tu-berlin.de