

# Signale des Paläoklimas vom 7 Jh. BC bis 8 Jh. AD an der Oder durch eine Umfeldanalyse der Siedlungsbefunde im GIS

---

Armin Volkmann, Universität Heidelberg

## **Abstract**

In the context of the present study, for the first time, a comprehensive and above all, a systematic environmental analysis of sites from the Early Iron Age to the Slavic Early Middle Ages was applied in the Oder region. A site catchment analysis of the topographical setting, the soil and broader parameters was conducted as a GIS examination, in which the spatial data information in a probable operating radius around the respective settlements of the individual periods was collected and evaluated statistically. In this way, statistically significant climate proxies on the relative humidity index and temperature pattern of the paleoclimate could be demonstrated. In addition, the deciding location factors of the soil and the geoecological environment of the settlement as well as distortionary anthropogenic and natural superimpositions were discussed. The ecological indicator values were rearranged into concise categories in a transformation process in consideration of their usability and informative value for matters concerning prehistoric, agronomically orientated cultures and checked for climate signals. In order to guarantee traceability and the ability to clearly document results, more complex, analytically descriptive, stochastic processes were dispensed with. Therefore, the identified climate signals do not represent absolute data, but rather indirect, relative data, which permit comparative statements concerning the previous and subsequent level.

Finally, with the use of comparative climate research, palynology, dendrochronology, the status of glaciers, river levels and models for the calculation of the paleotemperature, the climate signals that were produced in the context of the GIS environmental analysis could be verified. In this way, the probability and conciseness of the environmental analysis developed here and its particularly detailed chronological value were substantiated. Subsequent geoarchaeological and cultural-historical results concerning settlement and the environmental conditions of the Oder region could be clarified.

## **Zusammenfassung**

Der Artikel basiert auf der Dissertation des Verfassers und stellt einen Teil der darin neuartig entwickelten Methoden vor. So ist der Forschungsansatz der Generierung von Indizien des Paläoklimas anhand einer systematisch standardisierten Umfeldanalyse (Site Catchment Analyses) in einem Geografischen Informationssystem (GIS) in der Archäologie in diesem Umfang, mit mehreren hundert Fundstellen von der frühen Eisenzeit bis zum Mittelalter, bisher noch nicht angewandt worden. Die dabei gewonnenen indirekten Proxies des Paläoklimas sind Werte einer relativen Zu- oder Abnahme und geben Hinweise zum Temperaturverlauf und vor allem zum Feuchtigkeitsindex. Vergleichend wurden die Klimasignale der Umfeldanalyse mit denen aus naturwissenschaftlichen Studien analysiert, wobei das prinzipielle Funktionieren der neu entwickelten Methode signifikant belegt worden ist. So konnte für die frühe Völkerwanderungszeit im Odergebiet eine drastische Klimaveränderung hin zu einem sehr trockenen Klima nachgewiesen werden, die den agrarisch wirtschaftenden Kulturen die Lebensgrundlage entzog. Diese klimatische Ungunstphase scheint u.a. mitverantwortlich für die besonders starke Abwanderung aus dem Odergebiet in der Mitte des 5. Jhs. AD zu sein.

## **Einführung**

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde eine flächendeckende und vor allem systematische Umfeldanalyse der Fundstellen der frühen Eisenzeit bis zum slawischen Frühmittelalter in der Oderregion angewandt (Volkmann 2013). Dazu wurde ein neues methodisches Konzept entwickelt, wobei innerhalb eines normierten Schlüssels der Geoinformationen die Daten zur folgenden

kartographischen und statistischen Analyse erhoben wurden. Als Datenbasis konnten durch entsprechende Kooperationspartner der Fachbehörden und Landesämter hoch detaillierte, nicht frei verfügbare Datensätze (LIDAR 3D Geländemodelle, Schmettausgabe Karten, Luftbildaufnahmen des BLDAM, „Geognostische Kartenblätter“) und digitale Kartenbestände (TK10, GK25, Urmesstischblätter etc.) standardisiert ausgewertet werden. Daneben wurden aber auch als geoarchäologische Synthese die archäologischen Fundstellenmeldungen in den Archiven und in der relevanten Fachliteratur als Datenbank und Katalog grenzüberschreitend zusammengeführt. Im Rahmen dessen erfolgte eine intensive Auseinandersetzung mit dem Fundmaterial, da viele völkerwanderungszeitliche Fundstellen oft nicht als solche erkannt werden. So entstand ein ganz neues, erstaunlich dichtes Fundstellenbild. Für die anderen Zeitstellungen, die vergleichend mit einbezogen wurden, konnte auf Katalogarbeiten zurückgegriffen werden. Aber auch für diese Fundstellen wurde die Fundstellenart und -datierung intensiv geprüft, da möglichst fein gegliederte Datierungen eine unbedingte Grundlage der folgenden Umfeldanalysen waren.

So wurde ein überarbeitetes Chronologiesystem in Stufen I-III für die frühe Eisenzeit, Stufen A-C für die römische Kaiserzeit, Stufen D-E für die Völkerwanderungszeit und Stufe fSP für das slawische Frühmittelalter erarbeitet, das auch in Bezug zur Fachliteratur des Untersuchungsraums Analogien zulässt. Neben der sehr wichtigen Feindatierung der Fundstellen wurden auch deren Fundlage und -umstände kritisch beleuchtet und korrigiert, da diese selektiven Faktoren stark auf das Fundstellenbild der siedlungsarchäologischen Studie wirken. Im Rahmen dieser Quellenkritik ist des Weiteren auf die Forschungsgeschichte eingegangen worden, die den Forschungsstand grundlegend prägte. Innerhalb dieser wurden insbesondere auf der Mikroebene neueste Untersuchungen zum Siedlungsaufbau und zu Hauskonstruktionen der Völkerwanderungszeit im Odergebiet vorgestellt.

### **Methodik der Umfeldanalyse im GIS**

Die darauf folgende Analyse innerhalb eines Geographischen Informationssystems (GIS) ist in vier verschiedene methodische Ansätze unterteilt: Als erste GIS-Untersuchung erfolgte eine Umfeldanalyse (Site Catchment Analysis) der topographischen Lage, des Bodens und weiterer geoökologischer Parameter, bei der die Geodateninformationen in einem wahrscheinlichen Aktionsradius um die jeweiligen Siedlungen der einzelnen Stufen aufgenommen und statistisch ausgewertet wurden. In diesem Aktionsradius befinden sich auf der Grundlage von least-cost-Überlegungen mit hoher Wahrscheinlichkeit die zur Siedlung dazugehörigen Wirtschaftsflächen.<sup>1</sup> Stichprobenhaft wurden aber nicht nur stoisch die Geoinformationen aus einem hypothetischen Umkreis analysiert, sondern Erreichbarkeitsanalysen im GIS berücksichtigten das Relief und Gewässerläufe als potentielle Wegeverläufe.<sup>2</sup> Des Weiteren wurden die dezidierenden Standortfaktoren des Bodens und des geoökologischen Siedlungsumfelds sowie verzerrend wirkende anthropogene und natürliche Überprägungen diskutiert. Die ökologischen Zeigerwerte wurden grundlegend in Transformationsverfahren hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit und Aussagekraft für Belange von prähistorischen, agrarisch orientierten Kulturen in prägnanten Klassen neu zusammengestellt und auf Klimasignale überprüft. Basierend auf der großen Anzahl der untersuchten Siedlungen konnten statistisch signifikante Klimaproxies zum relativen Feuchteindex und Temperaturverlauf des Paläoklimas herausgestellt werden.

Insgesamt wurden in der Studie 18 verschiedene thematische Kartenwerke im GIS analysiert, die Hinweise auf das geoökologische Potential eines Siedlungsstandorts geben. Die Bodenübersichtskarte Brandenburgs (BÜK 300) des Landesamts für Geowissenschaften und Rohstoffe (LBGR) basiert auf der GK25, die weitere Detailinformationen zum genauen Bodentyp lieferte (vgl. Abb. 1), und differenziert in 99 verschiedene Bodenformen mit farblich unterschiedlichen Flächensignaturen nach der Nomenklatur des LBGR. Für die anschließende Auswertung wurden diese sehr differenzierten Bodenformen nach archäologischen Aspekten in spezifischen Klassen der potentiellen Nutzungen zusammengefasst. Für

---

<sup>1</sup> Hierzu weiterführend M. Leusen 1998 und 2002: „Viewshed and Cost Surface Analysis Using GIS“ und „Line-of-sight and Cost Surface Analysis using GIS“ sowie P. Verhagen 2010: „Least Cost Paths, Accessibility and the Predictive Modelling Perspective“.

<sup>2</sup> Vgl. I. Herzog 2012 zu landschaftsarchäologischen Analysen im Bergischen Land.

das nördliche Untersuchungsgebiet, für das keine BÜK 300 vorliegt, wurden die Geoinformationen der BÜK 200 der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ausgewertet, deren Angaben und Geosignaturen nicht identisch sind und zur standardisierten Auswertung in die Nomenklatur der BÜK 300 recht aufwändig transformiert werden mussten. Dabei wurde ein interoperabler Signaturschlüssel entwickelt und verwendet. Die Ausdehnung des Untersuchungsgebietes nach Norden wurde notwendig durch die geringe Anzahl von Siedlungen der Stufe E aus der späten Völkerwanderungszeit des 6. Jhs. AD, um so die Repräsentativität der Analysen zu sichern. In Abbildung 1 ist ein 2,5 km Radius um die Siedlung von Bandelow (Kr. Uckermark) der Stufe E markiert, der die nächstliegenden Bodenformen innerhalb der kartographischen Umfeldanalyse erschließt. Die Geoinformationen der nächstliegenden, potentiellen Wirtschaftsflächen der Siedlung wurde in die Datenbank der Archäo- und Geoinformationen übertragen. Diese Datenbank mit Umfelddaten von 682 Siedlungen war die Basis für die folgende statistische Auswertung. So zeigt sich beispielsweise, dass die in der späten römischen Kaiserzeit als Siedlungsstandorte sehr beliebten Parabraunerde-Tschernoseme (rote und dunkelrote Flächensignaturen) in der späten Völkerwanderungszeit nicht mehr interessante Standorte bzw. nur noch von untergeordneter Rolle bei der Siedlungsplatzwahl waren. Dies ist, neben Veränderungen in der Wirtschaftsweise, plausibel durch Klimaänderungen zu erklären.

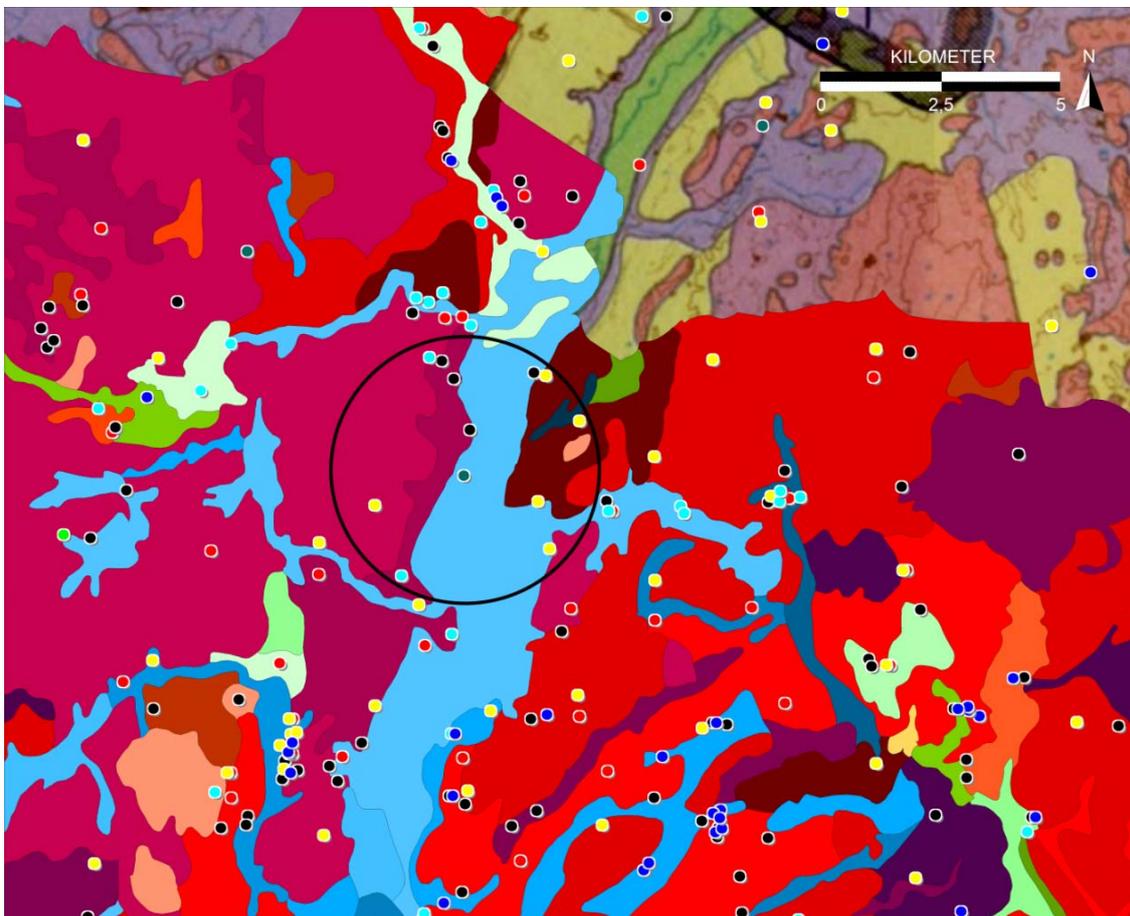


Abb. 1: Hier wird beispielhaft gezeigt die Bodenübersichtskarte Brandenburgs (BÜK 300) und im Nord-Osten der Karte die Geologisch-Geomorphologische Kartierung (GK 25) im GIS mit den Siedlungen von der frühen Eisenzeit Stufen I-III (schwarz), über die frühe römische Kaiserzeit Stufe A (grün) und Stufe B (gelb), die späte römische Kaiserzeit Stufe C (rot), die frühe Völkerwanderungszeit Stufe D (blau), die späte Völkerwanderungszeit Stufe E (türkis) bis hin zur frühen slawischen Phase (hellblau) an der Randow in der Uckermark, die ein westlicher Nebenfluss der unteren Oder ist (Abb. Verfasser).

In der ersten Stufe der statistischen Auswertungen wurden die Geodaten aus den Umfeldlagen der Siedlungen von der vorrömischen Eisenzeit bis zur frühen slawischen Phase in einfachen Balkendiagrammen analysiert, jeweils einzeln für jede Kartengrundlage, wie hier für die Daten zur

Geomorphologie (Abb. 2). Die prozentualen Balkenanteile der jeweiligen Zeitstufe sind geordnet nach den relativen Feuchtegraden – von oben nach unten zunehmend – durch die Höhenlage und Grundwasserbeeinflussung in den jeweiligen geomorphologischen Einheiten.

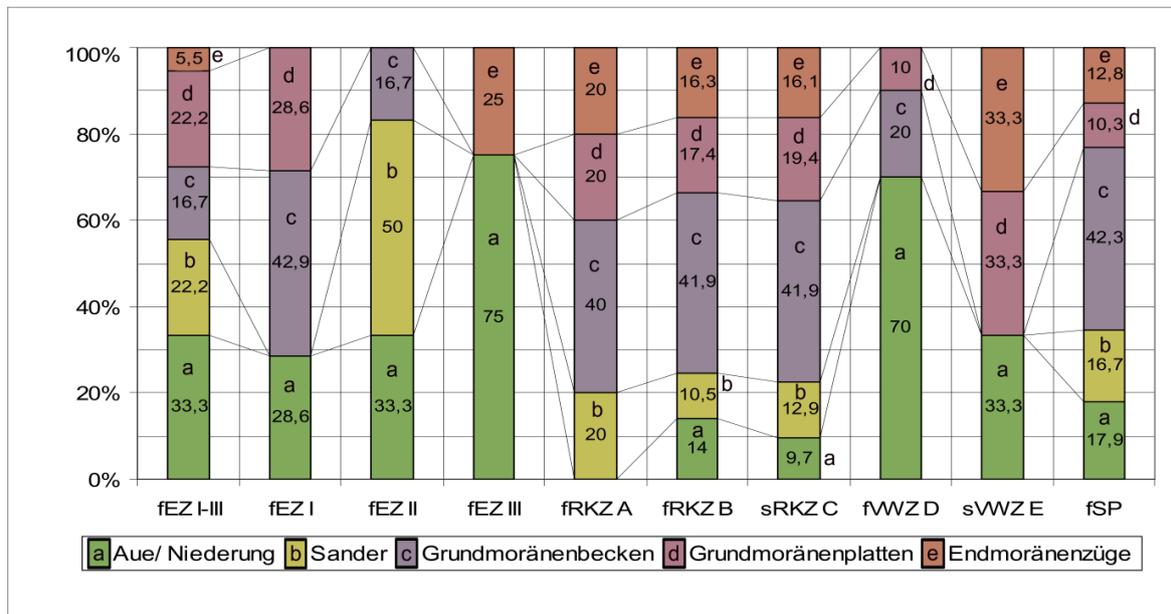


Abb. 2: Neben den 17 weiteren Kartenauswertungen, werden hier exemplarisch die prozentualen Anteile der geomorphologischen Einheiten in Siedlungsumfeldern im Diagramm dargestellt (n fEZ I–III = 18, n fEZ I = 7, n fEZ II = 6, n fEZ III = 4, n fRKZ A = 5, n fRKZ B = 86, n sRKZ C = 31, n fVWZ D = 10, n sVWZ E = 3, n fSP = 78). Sehr gut erkennt man den stark wechselnden Anteil von Siedlungen in Auenbereichen, die ausschließlich unter trockenen Klimabedingungen für Siedlungen geeignete Standorte waren. Diese Signale wurden anschließend in jeweils einem Kurvenverlauf der Abb. 3 (z.B. hierfür ganz links) gewichtet umgerechnet (Abb. Verfasser).

### Bewertung der Klimasignale aller Geoindikatoren der GIS-Analyse

Die Werte aus den Balkendiagrammen wurden in Abbildung 3 durch Gewichtung (vgl. Formeln im Folgenden) in Feuchte- bzw. Trockenheitsindices überführt und in Kurven des zeitlichen Verlaufs interpoliert dargestellt. Die Zusammenfassung zeigt die Kurven aus den Spektren der jeweiligen Geofaktoren der Geomorphologie, Topographie, des Niederschlags, der Vegetation, der Bodenart, des Bodentyps, der Bodenfeuchte und des Gewässerabstands von der frühen Eisenzeit Stufen I–III, über die frühe römische Kaiserzeit Stufe A und B, die späte römische Kaiserzeit Stufe C, die frühe Völkerwanderungszeit Stufe D, die späte Völkerwanderungszeit Stufe E bis hin zur frühen slawischen Phase, links mit Zeitleiste in absoluten Werten der Stufengrenzen, rechts als gemittelte Kurve des relativen Feuchteindex (hellgraue Linie) ohne nichtsignifikante Gewässerabstandswerte. Neben dem Diagramm links sieht man die absoluten Zeitmarken als Grenzen der Stufen, die unterschiedlich lang andauern. Die teilweise erheblich divergierenden Kurven der einzelnen Geofaktoren zu Signalen einer relativen Feuchtezunahme oder -abnahme weisen aber gleichzeitig in weiten Bereichen, besonders ab der römischen Kaiserzeit bis zum Frühmittelalter, erstaunlich große Deckungen auf. Diese Zeitstellungen basieren auf eigenen standardisierten Datenaufnahmen, die die Notwendigkeit der Überprüfung der in den Archiven gegebenen Datierungen und Fundstellenarten (Siedlung oder Gräber etc.) als wichtiges Fundament weiterer Analysen deutlich vor Augen führen. Da aber vergleichend ein Ausblick bis in die frühe Eisenzeit und in das Frühmittelalter erbracht werden sollte, konnte dies nur auf der Basis bestehender Katalogarbeiten des Untersuchungsgebietes geleistet werden. Sonst wäre der Rahmen der Studie bei weitem überschritten worden.<sup>3</sup> Selbstverständlich wurden die vorgeschlagenen Datierungen

<sup>3</sup> Die wichtigsten Katalogarbeiten der Region sind u.a. „Die Göritzer Gruppe“ von S. Griesa (1982) zur frühen Eisenzeit im Oder-Neißegebiet und „Slawen und Deutsche in der Uckermark“ von K. Kirsch (2004) zu regionalen Transformationsprozessen des Mittelalters. Die römische Kaiserzeit wurde von A. Leube in seiner Habilitationsschrift

auch hier geprüft und ggf. korrigiert. Die Genauigkeit der Auswertungsergebnisse basiert fundamental auf der gründlichen Datenerhebung exakt datierter Siedlungen in einer ausreichend großen Anzahl der Grundmenge für die folgende statistische Auswertung.

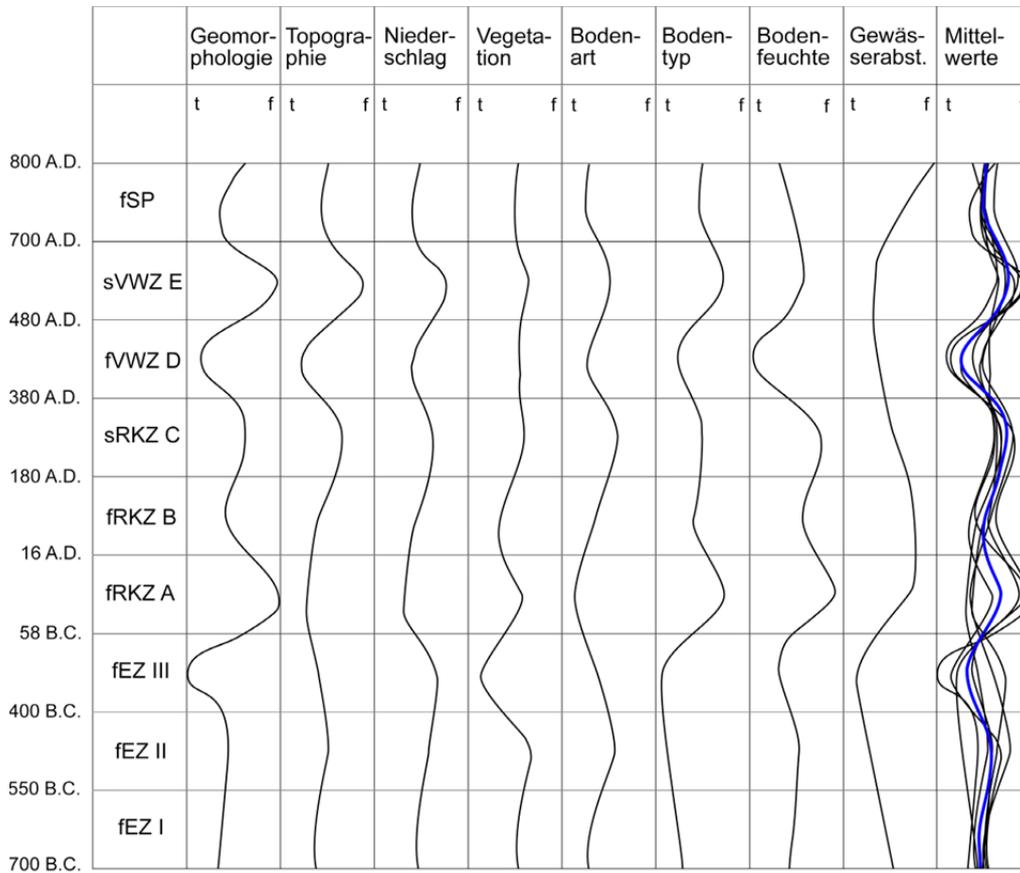


Abb. 3: Kurveninterpolation der Spektren der verschiedenen Geofaktoren (oben) aus den jeweiligen Balkendiagrammen (vgl. Abb. 2) mit Hinweisen zu Feuchtverhältnissen des Paläoklimas von 700 BC bis 800 AD (von links unten bis links oben) und deren relative Abnahme (t = trocken) oder Zunahme (f = feucht) (Abb. Verfasser).

Eine gewisse Unschärfe kommt in der Stufe III, A und E durch eine relativ geringe Anzahl der in diese Stufen datierenden Siedlungen zum Ausdruck. Dieses Problem konnte aber durch die Vielzahl der untersuchten Geofaktoren überwunden werden, sodass auch für diese Stufen repräsentative Aussagen mit Signifikanz herauskristallisiert werden konnten. In der frühslawischen Phase (fSP) ist nicht die früheste Phase der slawischen Einwanderung fassbar, da die hauptsächliche Quellengattung der Keramikfunde nur recht unscharf datiert. So sind im Fundspektrum der frühslawischen Siedlungen in geringen Anteilen auch mittelslawische Keramiktypen zu finden. Typisch ist für frühslawische Siedlungen der Oderregion, dass sie entweder meist bis in mittelslawische Zeit weiter genutzt wurden oder aber, dass bereits schon in frühslawischer Zeit sogenannte mittelslawische Keramiktypen in geringen Anteilen auftreten. Durch die Parallelität der Keramik, z.B. vom frühslawischen unverzierten Sukower Typ in geringer Anzahl im Fundspektrum der mittelslawischen Keramiken, entsteht eine

---

„Studien zu Wirtschaft und Siedlung bei den germanischen Stämmen im nördlichen Mitteleuropa während des 1. bis 5.–6. Jahrhunderts n.Chr.“ grundlegend bearbeitet und 2009 publiziert. Für die Völkerwanderungszeit könnte nur auf zwei ältere Arbeiten mit umfassenderen Fundkatalogen im Untersuchungsgebiet zurückgegriffen werden: H. Schach-Döriges publizierte schon 1970 „Die Bodenfunde des 3. bis 6. Jahrhunderts nach Chr. zwischen unterer Elbe und Oder.“ 1986 legte H.-U. Voß seine Dissertation „Untersuchungen zur Geschichte der germanischen Besiedlung zwischen Elbe/Saale und Oder/ -Neisse im 3.–7. Jahrhundert“ vor, die jedoch bisher ungedruckt blieb. Die vorliegende Untersuchung arbeitet diesen Forschungsstand im heutigen Kontext zahlreicher Neufunde aus den Archiven der regionalen Landesarchäologien von Brandenburg und der polnischen Wojewodschaft Lubuskie auf.

größere Datierungsunsicherheit dieser Siedlungen des 7. bis 10. Jhs. AD. Des Weiteren ist der reich verzierte Feldberger Typ an sich noch als frühslawisch anzusprechen. Aber auch dieser ist meist mit mittelslawischen Typen (teilweise abgedreht und kammstrichverziert, wie die des Tornower Typs, der oft als knickwandförmige Töpfe und schon mit umlaufender Gurtfurchenzier auf der Gefäßschulter vorliegt) im Fundspektrum der Siedlungen vergesellschaftet.<sup>4</sup> Neben den eindeutig frühslawisch datierten Siedlungen sind alle allgemein altslawischen Siedlungen mit entsprechenden Typen (nach dem 2-Stufen-Chronologiesystem Brather 2000) in der Untersuchung als frühslawische Phase zusammengefasst worden.

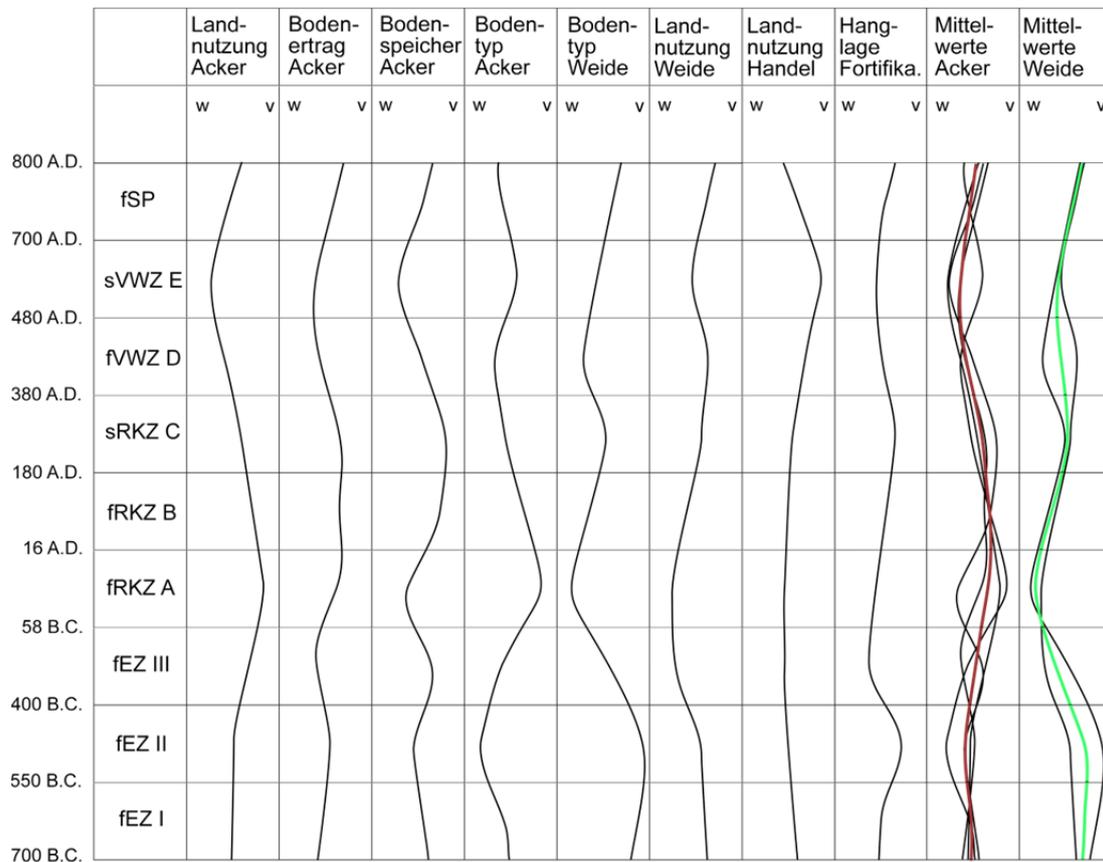


Abb. 4: In der Zusammenfassung werden die Kurven aus den Spektren der jeweiligen Geofaktoren der Landnutzung, des Bodenertrags, des Bodenspeichers, des Bodentyps und der Hanglage gezeigt. Links ist die Zeitleiste und rechts sind die gemittelten Kurven (braune und grüne Linie) der relativen Abnahme (w = wenig) oder Zunahme (v = viel) von Ackerbau und Weidewirtschaft dargestellt. Ganz oben steht in der Abb. die Angabe des ausgewerteten Geofaktors einer thematischen Kartenanalyse. Und darunter ist der Bezug zu Signalen für Acker-, Weide-, Handel- oder Fortifikationsaspekten angegeben. (Abb. Verfasser).

In der Korrelation des relativen Feuchteindex (Abb. 3) kommt neben der möglichst feinchronologisch genau datierten Siedlungsfundstellenaufnahme auch der anthropogene Einfluss der etwas unterschiedlichen Wirtschaftsweisen der einzelnen Zeitstufen in den leicht divergierenden Kurven zum Ausdruck. Bei der Entwicklung der gemittelten Standard-Feuchtekurve, die auf der Analyse von mehreren spezifischen Geofaktoren beruht (Abb. 3 ganz rechts), wurde die Kurve außerdem noch mit den veränderlichen Anteilen des Ackerbaus und der Weidewirtschaft (Abb. 4) kalibriert. Bei dieser Kalibration (vgl. Abb. 5 ganz rechts) wurden aber auch kulturgeschichtliche Faktoren der Handels- oder fortifikatorischen Aspekte mit wechselnder Relevanz berücksichtigt (Abb. 4). Innerhalb des standardisierten Verfahrens der Untersuchungsmethodik konnten die kongruenten oder

<sup>4</sup> S. Brather 2000, 117–119 Abb. 70.

divergierenden Kurvenbereiche auf ihre Signifikanz überprüft werden. Die Kurven sind als relative Vergleichswerte einer Zu- oder Abnahme der Feuchtigkeit bzw. eines Feuchteindex zu verstehen. Sie zeigen keine absoluten Werte, wie beispielsweise Niederschlagssummen oder Temperaturen. In jeder Zeitstufe ist nur ein relativer Wert in den Kurven interpoliert worden.

Im Rahmen der komplexen Korrelation der relativen Werte der Feuchtezunahme oder -abnahme aus den Geofaktorenanalysen der Siedlungen (und deren Umfeld mit den potenziellen Wirtschaftsflächen) entstanden in den Kurven erstaunlich übereinstimmende Ergebnisse – und dass trotz ganz unterschiedlich zugrundeliegenden Auswertungsmedien der vorliegenden Kartenwerke (vektorbasiert oder als Bitmap) mit teils verschiedenen Maßstäben und dadurch begründeten generalisierten Kartierungseinheiten. Das Funktionieren der angewandten Methode wird grundsätzlich gerade durch heterogene Datenbestände ermöglicht, da hier die Gefahr von Zirkelschlüssen bzw. eines Circulus vitiosus durch unabhängige Datenaufnahmen geringer ist. Ganz offensichtlich ist jedoch auch, dass die entwickelte Methode der Site Catchment Analyses bei steigendem Alter der untersuchten Siedlungen, wie hier im Fall der frühen Eisenzeit, an Unschärfe zunimmt (vgl. Abb. 3 rechts Mittelung der Kurven). Neben der an sich schwierigen Datierung der Siedlungen der frühen Eisenzeit in der Oderregion, ähnlich wie die des frühen Mittelalters, nehmen zusätzlich auch noch die verfälschenden folgenden anthropogenen Überprägungen bei höherem Alter stark zu, sodass dadurch die Auswertung erschwert wird. Es versteht sich per se, dass die erfassten rezenten Kartierungseinheiten mitnichten die „prähistorische Wirklichkeit“ wiedergeben. Jedoch sind trotz der starken Veränderung der Kulturlandschaft im Verlauf der Zeit noch immer geoökologische Indizien im Fundbereich der Siedlungen auswertbar, die für die damalige Standortwahl mit ausschlaggebend waren und die Generierung eines Klimasignales erlauben.

Der Feuchte-/Trockenheitsindex wird als Einzelwert pro Zeitstufe berechnet, der in der transferierten Kurve dem jeweiligen Peak einer Zeitstufe entspricht. Daher ist es methodisch nicht zulässig Zwischenwerte aus den interpolierten Kurvenverläufen abzulesen. Die Formel zur Berechnung des Feuchte-/Trockenheitsindex lautet:

$$I_{ft} = \frac{\text{Summe Anzahlen Feuchtesignal} - \text{Summe Anzahlen Trockenheitssignal}}{n \text{ Gesamtzahl der Signale}}$$

Dabei werden die Summen der einzelnen Feuchte-  $n_f$  und Trockenheitssignale  $n_t$  gewichtet, wobei deren größere oder kleinere Signifikanz berücksichtigt wird:

$$\sum n_f = \frac{\sum_i x_i \times g_i}{\sum_i g_i} \quad \text{und} \quad \sum n_t = \frac{\sum_i x_i \times g_i}{\sum_i g_i}$$

$$\text{Z.B.: } \sum n_f = \frac{x_1 \times g_1 + x_2 \times g_2 + x_3 \times g_3 + x_4 \times g_4 + \dots + x_n \times g_n}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + \dots + g_n}$$

Somit berechnet sich der Feuchte-/Trockenheitsindex insgesamt, wie folgt:

$$I_{ft} = \frac{\sum n_f - \sum n_t}{n}$$

Die Werte des Feuchte-/Trockenheitsindex liegen in der Spannweite (Range) von minimal -1 bis maximal 1, was der jeweiligen Spaltenbreite der einzelnen Geofaktoren in den Abbildungen 3–5 entspricht.<sup>5</sup> Die obige Formel wurde stereotyp für alle Geofaktoren-Analysen angewandt, um die Veränderungen der errechneten Werte im Verlauf der Kurven darzustellen (Abb. 3). Analog dazu wurde die Formel auch für die Landnutzungen (Abb. 4) und Temperaturentwicklung (Abb. 5) in entsprechend modifizierter Form verwendet.

<sup>5</sup> Zur Gewichtung vgl. weiterführend z.B. Bahrenberg/Giese/Nipper 1985, 72 „Univariate und bivariate Statistik“ für Geografen.

In Abbildung 5 wird links die Zusammenfassung der Kurven aus den Spektren der Geofaktoren Exposition und Temperatur von der frühen Eisenzeit Stufen bis hin zur frühen slawischen Phase mit Signalen von relativer Kühle (k) oder Wärme (w) dargestellt. Rechts in der Abbildung zeigt die gemittelte Kurve (rot Linie) den gemittelten relativen Wärmeindex. Rechts in Abbildung 5 ist die Gegenüberstellung der gemittelten Werte der Signale der Temperatur, des Ackerbaus und der Weidewirtschaft, die den Feuchteindex beeinflussen, zu sehen. In der Kalibration der Feuchtekurve (ganz rechts) kommt deutlich der Zusammenhang mit der Wirtschaftsweise, aber auch der Temperatur, zum Ausdruck (vgl. Abb. 3–4).

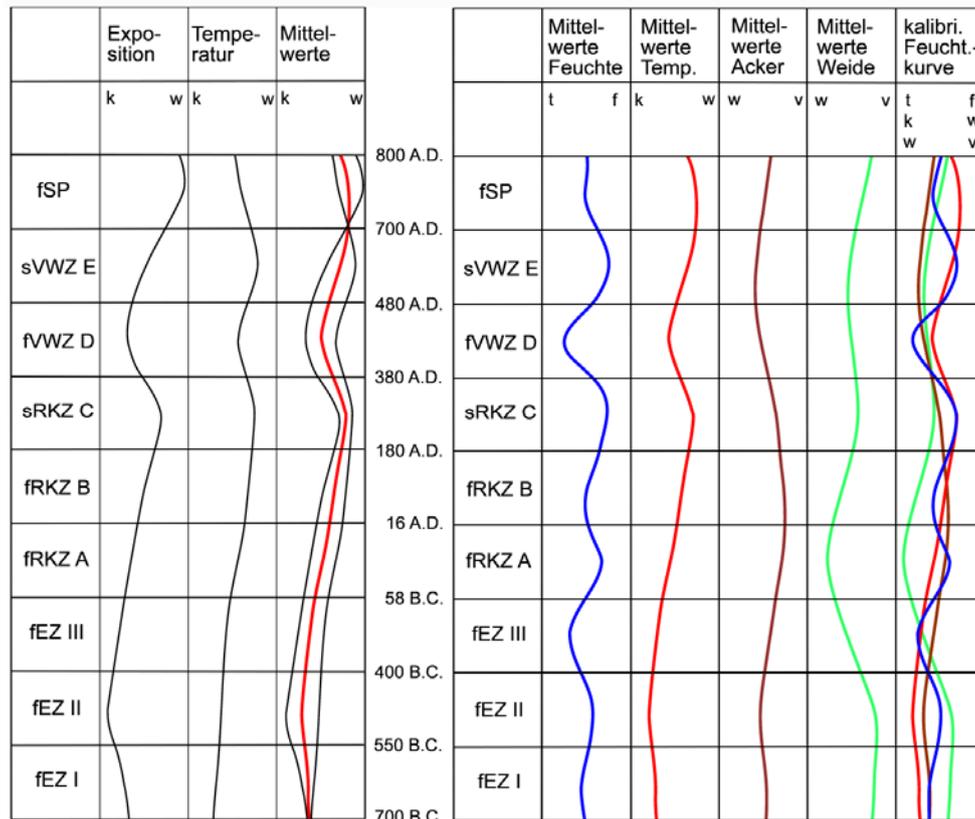


Abb. 5: Links sieht man die Mittelung der Temperaturkurve (rot) aus den Signalen der Exposition und der mikro-regionalen Temperatur (k = kalt; w = warm). Rechts ist die Zusammenfassung der Einzelkurven aller Paläoklima-Proxies in einer kalibrierten Feuchtekurve (ganz rechts) (vgl. Abb. 3 und 4) (Abb. Verfasser) gezeigt.

### Entwicklung des Paläoklimas an der Oder

Im Ergebnis der GIS-Analyse können nun die Klimafuktuationen, basierend auf dem relativen Feuchteindex, aussagekräftig rekonstruiert und reproduzierbar im Katalog (Volkman 2013) belegt werden: Beginnend mit der frühen Eisenzeit Stufe I (Abb. 5 rechts) kann als Ausgangspunkt, vergleichend zur Stufe II, in dieser eine leichte Zunahme der klimatischen Feuchtigkeit festgestellt werden (vgl. Abb. 3). In der folgenden Stufe III nehmen aber die Indizien der Klimafeuchtigkeit wieder sehr stark ab. In diesem deutlichen Kurven-Peak spiegelt sich eine starke Verminderung der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagssummen sowie ein dadurch bedingtes Absinken der Grund- und Gewässerstände der hydrologischen Verhältnisse wider (Abb. 3). Hierzu konträr gestaltet sich der Kurvenverlauf der Temperatur (Abb. 5 links). Nach einer relativen Warmphase in Stufe I, jedoch auf einem insgesamt niedrigen Temperaturniveau, ist Stufe II durch einen frappierenden Temperaturabfall (bei gleichzeitig steigenden Niederschlagsraten) gekennzeichnet (Abb. 5 rechts). Ausgehend vom früheisenzeitlichen Temperaturminimum ist im Anschluss bis hin zur späten römischen Kaiserzeit tendenziell gesehen ein nahezu linearer Anstieg der Temperaturen zu verzeichnen, wobei in der späten

römischen Kaiserzeit (Stufe C) ein Temperaturoptimum (mit einhergehend hohen Niederschlagsraten) erreicht wird.

Ebenso deutlich zu erkennen ist eine äußerst prägnante und drastische Umkehr der hydrologischen Verhältnisse am Beginn der frühen römischen Kaiserzeit Stufe A: In fast allen ausgewerteten Kurven verweisen die Feuchteindizes auf eine Klimaoszillation mit einer sehr ausgeprägten Feuchtphase (Abb. 3). Mit dem Beginn der frühen römischen Kaiserzeit geht auch ein deutlicher Wandel in der Wirtschaftsweise einher. Die Bedeutung der Weidewirtschaft sinkt auf einen minimalen Anteil, wohingegen der Ackerbau im Gegensatz dazu stark zunimmt und nun wohl wichtigster Wirtschaftszweig war (Abb. 4). Das hydromorphologische Potential der Gewässerstände, Grundwasserstände und Niederschlagsraten der kartierten Siedlungen in Stufe B lässt bis einschließlich der Stufe C in der späten römischen Kaiserzeit ein kontinuierliches Ansteigen des Feuchteindex glaubhaft erscheinen. Damit einhergehend stieg auch die Temperatur seit der frühen Eisenzeit recht linear an und erreichte in der Stufe C einen relativen Höchstwert (Abb. 5 links). Die Signale der Landnutzungen, des Bodenertrags und des Bodenspeichers (Abb. 4) deuten auf eine Zunahme der Weidewirtschaft bis zur Stufe C. Gleichzeitig verdeutlichen die Werte aber auch den stagnierend hohen Anteil des Ackerbaus als primäre Wirtschaftsweise und Lebensgrundlage.

Mit dem Beginn der frühen Völkerwanderungszeit (Stufe D) ist ein sehr ausgeprägter Einschnitt drastischer Klimaänderungen festzustellen, der abrupt zu einer Trockenphase überleitete. Damit einhergehend ist des Weiteren eine deutliche Temperaturdepression festzustellen. Fraglich bleibt jedoch im Rahmen der gemittelten relativen Temperaturkurve (Abb. 5 links) der Stufe D der absolute Wert dieser Kühl-/ Trockenphase in °C. Er wird sich offenbar auf einem ähnlich niedrigen Niveau wie in der früheisenzeitlichen Stufe II befunden haben. Gleichzeitig verloren in der frühen Völkerwanderungszeit sowohl der Ackerbau als auch die Weidewirtschaft zunehmend an Bedeutung. Ein Minimum erreichten sie jedoch erst in der folgenden späten Völkerwanderungszeit (Abb. 4). Im Gegensatz dazu wurde nun der Handel mit Sammelgütern (z.B. Honig) und Rohstoffen (z.B. Salz), vielleicht auch Sklaven und/oder Söldnern, ein sehr wichtiger Wirtschaftszweig neben der landwirtschaftlichen Subsistenzwirtschaft. Interessanterweise ist der in der späten römischen Kaiserzeit recht bedeutende fortifikatorische Aspekt der Siedlungen (durch deren gehäufte topografische Lage auf Spornen) in der gesamten Völkerwanderungszeit nur noch von sehr untergeordneter Rolle, sodass kriegerische Auseinandersetzungen im Untersuchungsgebiet in der Stufe D bis E wohl nur selten vorkamen. Die instabile Phase eines stark oszillierenden Klimas mit einem sehr wechselhaften Wetter setzte sich auch in der späten Völkerwanderungszeit (Stufe E) fort. Nun lassen die Werte jedoch eine deutliche Feuchtphase erkennen. Mit der frühslawischen Phase kommt es zu einer Klimastabilisation, hin zu einem wieder ausgeglichenen, trockeneren, aber nicht zu trockenen Wetter. Im beginnenden Frühmittelalter ist sowohl für den Ackerbau als auch für die Weidewirtschaft ein starker Anstieg zu erkennen, wohingegen der überregionale Handel vorerst sehr stark an Bedeutung verlor. In der frühslawischen Phase waren Möglichkeiten zur Verteidigung einer Siedlung wieder wichtige Aspekte bei der Standortwahl, da ein signifikanter Anstieg dieser Eigenschaften, wie Kuppen- oder Halbinsellage deutlich zu erkennen ist (Abb. 4). Bereits schon in der späten Völkerwanderungszeit kam es zu einem feststellbaren relativen Temperaturanstieg, der sich aber zum beginnenden Frühmittelalter vorerst nicht fortsetzte (Abb. 5 links).

### **Vergleichende Paläoklimastudien im Zentraleuropäischen Kontext**

Die rekonstruierten Niederschlagssummen (Abbildung 6 oben) und rekonstruierten Temperaturanomalien (unten) basieren nur im Zeitraum 1901–2000 auf real gemessenen Werten. Die dünnen Balken zeigen die stark oszillierenden Jahresausschläge des Niederschlags und der Temperatur, die aus den Messwerten der dendrochronologischen Standardkurve der Eichen Mitteleuropas resultieren. Anhand der schwarzen fetten Linien können die Niederschlags- und Temperaturrekonstruktionen aus unabhängig erhobenen Einzelstudien Deutschlands und der Schweiz, beginnend um das Jahr 1000 (oben) bzw. 750 AD (unten), abgelesen werden. Die jeweils fetten Kurven des Niederschlags und der Temperatur vermitteln die geglätteten Verläufe im 60-jährigen Mittel. Diese liegen im Range, d.h. der Spannweite, die von den dünnen Kurven (ohne die Peaks der statistischen Ausreißer in den Balken) beschrieben werden. Offenbar stehen Zeiten der demographischen Expansion, des wirtschaftlichen

Wohlstands und der sozialen Stabilität, ebenso wie auf der anderen Seite Zeiten der politischen Wirren, des kulturellen Wandels und der Bevölkerungsmigration, in engem Zusammenhang mit klimatisch stabilen bzw. instabilen Phasen.

Anhand dieser naturwissenschaftlichen Untersuchungen, die erst nach Abschluss der vorliegenden Untersuchung publiziert wurden,<sup>6</sup> sind die großen Deckungen mit den aufgrund der kartografischen Umfeldanalyse der Studie ermittelten Feuchte- und Temperaturverläufen des Odergebietes frappierend, wobei das grundsätzliche Funktionieren der hier angewandten Methode deutlich belegt wird. Im Detail kommt es jedoch zu teils entgegengesetzten Aussagen bezüglich der Feuchte- oder Trockenphasen in der Völkerwanderungszeit (vgl. Abb. 5 rechts). Im direkten Vergleich bestehen Widersprüche, wie in der Stufe D, die im Odergebiet als Trockenphase erscheint und anhand der Daten für Mitteleuropa in der Abbildung oben als Feuchtphase dargestellt wird. Ebenso gegenläufig sind die Aussagen zu Stufe E im Vergleich beider Studien. Dies müssen jedoch nicht unbedingt unvereinbare Widersprüche sein, denn zweierlei Komponenten kommen hier zum Ausdruck: Zum einen ist die jeweilige Datenbasis völlig anders, einerseits dendrochronologische Daten Mitteleuropas (C-14 kalibriert) und andererseits archäologische Funde des Odergebietes, die die Datierungen geben. Somit bestehen Probleme in der absoluten Datierung der Klimafluktuationen, die für das Odergebiet fehlen, da dort relative Datierungen anhand der Fundstücke vorliegen. Zum anderen ist darüber hinaus auch der Regionalfaktor zu bedenken, der in den gemittelten Werten des obigen Diagramms für Mitteleuropa geglättet wird. Trotz dieser Detailprobleme zeigen jedoch beide Studien ganz deutlich ausgeprägte Klimafluktuationen der Völkerwanderungszeit: Ob jetzt nun die Trockenphase noch in die späte Stufe C (wie in Abb. 6) oder erst in Stufe D (wie in Abb. 5) zu setzen ist, erscheint hierbei marginal, da das Wichtige die drastische Klimaänderung ist, die in beide Richtungen (der starken Zunahme der Trockenheit oder Feuchtigkeit) für agrarisch orientierte Kulturen, wie die der germanischen, die Lebensgrundlage entzog und Migrationen mitauslöste.

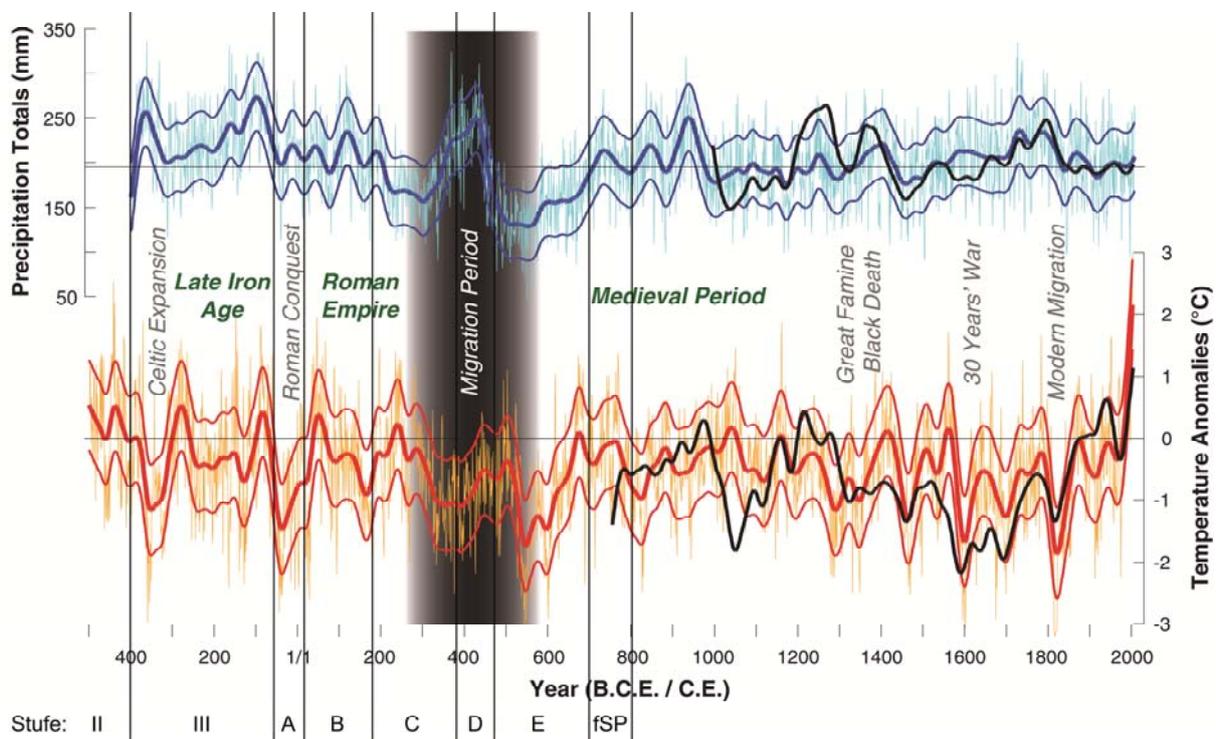


Abb. 6: Feuchtigkeit und Temperatur des Paläoklimas von der frühen Eisenzeit bis heute nach Büntgen et al. 2011 (grafische Überarbeitung der Zeitstufen: Verfasser).

<sup>6</sup> Büntgen et al. 2011; Die Disputation der Dissertation mit dem ursprünglichen Arbeitstitel „Geoarchäologische Forschungen zur Abwanderung der germanischen Bevölkerung von der Oder im 5. Jh. AD“ erfolgte an der Goethe-Universität Frankfurt/Main schon im Juli 2010.

- Bahrenberg/Giese/Nipper 1985: G. Bahrenberg/E. Giese/J. Nipper, *Statistische Methoden Bd. 1. Univariate und bivariate Statistik* (Stuttgart 1985).
- Brather 2000: S. Brather, Früh- und Hochmittelalterliche Keramik bei den Westslawen. In: A. Wiczorek/H.-M. Hinz (Hrsg.), *Europas Mitte um 1000 Bd. 1* (Stuttgart 2000) 114–120.
- Buntgen et al. 2011: U. Buntgen/W. Tegel/K. Nicolussi/M. McCormik/D. Frank/V. Trouet/J. O. Kaplan/F. Herzig/ K.-U. Heussner/H. Wanner/J. Luterbacher/J. Esper, 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility, *Science*, 331, 578–582, 2011.
- Griesa 1982: S. Griesa, *Die Göritzer Gruppe*. Veröff. Mus. Ur- und Frühgesch. Potsdam 16 (Berlin 1982).
- Herzog 2012: I. Herzog, *Landschaftsarchäologische Analysen im Bergischen Land*. <http://www.archaeologie-online.de/magazin/fundpunkt/forschung/2012/landschaftsarchaeologische-analyse/>
- Leube 2009: A. Leube, *Studien zu Wirtschaft und Siedlung bei den germanischen Stämmen im nördlichen Mitteleuropa während des 1. bis 5.–6. Jahrhunderts n.Chr.* (Mainz 2009).
- Leusen 1998: M. van Leusen, *Viewshed and Cost Surface Analysis Using GIS (Cartographic Modelling in a Cell-Based GIS II)*. In: Barceló, J.A., I. Briz and A. Vila (Hrsg.), *New Techniques for Old Times. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 26th Conference, BAR International Series 757* (Barcelona 1998) 215–224.
- Leusen 2002: M. van Leusen, *Pattern to Process: Methodological Investigations into the Formation and Interpretation of Spatial Patterns in Archaeological Landscapes, Line-of-sight and Cost Surface Analysis using GIS*, Chapter 6 (Groningen 2002) 1–21. <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/arts/2002/p.m.van.leusen/>
- Schach-Döriges 1970: H. Schach-Döriges, *Die Bodenfunde des 3. bis 6. Jahrhunderts nach Chr. zwischen unterer Elbe und Oder*. Offa-Bücher 23 (Neumünster 1970).
- Verhagen 2010: P. Verhagen, *On the Road to Nowhere? Least Cost Paths, Accessibility and the Predictive Modelling Perspective*. In: F. Contreras, M. Farjas and F.J. Melero (Hrsg.) *Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (2010) 383–389.
- Volkman 2013: A. Volkman, *Siedlung – Klima – Migrationen. Geoarchäologische Forschungen zum Oderraum zwischen 700 vor und 1000 nach Chr. mit Schwerpunkt auf der Völkerwanderungszeit*. Henning, J./Leube, A./Biermann, F. (Hrsg.) *Studien zur Archäologie Europas 18* (Bonn 2013).
- Voß 1986: H.-U. Voß, *Untersuchungen zur Geschichte der germanischen Besiedlung zwischen Elbe/Saale und Oder/Neisse im 3.–7. Jahrhundert* (Ungedr. Diss. Humboldt Universität Berlin 1986).

Dr. Armin Volkman  
Junior Research Group Leader  
"Digital Humanities/Digital Cultural heritage"  
Cluster of Excellence "Asia and Europe in a Global Context"  
Heidelberg University