



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„GIS-gestützte Analyse, Modellierung und Visualisierung
in der Urgeschichte – demonstriert an Beispielen der
Besiedelung Europas“

verfasst von / submitted by

Dipl.-Ing. Christiane Koch

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2020/ Vienna 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 856

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Kartographie und Geoinformation

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. DI Dr. Wolfgang Kainz

Inhaltsverzeichnis

I.	Vorwort und Danksagung	III
II.	Abbildungsverzeichnis	IV
III.	Tabellenverzeichnis	VII
IV.	Kurzfassung	VIII
1	Einleitung und Einführung in die Thematik	1
1.1	Einleitung	1
1.1.1	Zielsetzungen und Forschungsfragen	2
1.1.2	Methodischer Ansatz	3
1.2	Anthropologische Grundlagen, Klima und Umwelt, Funde	3
1.2.1	Entwicklung und Verbreitung der Menschen in der Urgeschichte (unter besonderer Berücksichtigung der Besiedelung Europas)	3
1.2.1.1	Vorgeschichte	3
1.2.1.2	Die ersten Menschen	6
1.2.1.3	Aufbruch in die Welt	7
1.2.1.4	Erste Besiedelung Europas	7
1.2.1.5	Zweite Einwanderung nach Europa	9
1.2.1.6	Neandertaler	11
1.2.1.7	Homo sapiens – der moderne Mensch	12
1.2.2	Klima und Umwelt in der Urgeschichte	18
1.2.3	Quellen und Datierung	23
1.3	Kartographie und Geographische Informationssysteme (GIS) in der Urgeschichte	27
1.3.1	Kartographie	27
1.3.1.1	Thematische Karten in der Urgeschichte/Archäologie	33
1.3.2	Geographische Informationssysteme (GIS)	38
1.3.2.1	Geographische Informationssysteme (GIS) in der Urgeschichte	39
1.3.2.2	Analyse, Modellierung und Visualisierung	40
2	Praktischer Teil - Beispiele	53
2.1	Daten und Datenaufbereitung, verwendete Software	55
2.2	Analyse, Modellierung und Visualisierung	58
2.2.1	Beispiel 1: Neandertaler und moderne Menschen	59
2.2.1.1	Höhenlage der Fundstellen	62
2.2.1.2	Geländevariabilität	65
2.2.1.3	Sichtbarkeit	76
2.2.2	Beispiel 2: Magdalénien	78

2.2.2.1	Kerndichteschätzung	79
2.2.2.2	Mittlerer nächster Nachbar	92
3	Ergebnisse und Ausblick.....	95
3.1	<i>Ergebnisse</i>	95
3.2	<i>Ausblick</i>	97
4	Begriffserklärungen	98
5	Literaturverzeichnis	101
6	Anhang.....	111

I. Vorwort und Danksagung

Zum einen habe ich das Thema gewählt, weil ich dadurch die Möglichkeit hatte, viele jener Anwendungen in Analyse, Modellierung und Visualisierung, die Geographische Informationssysteme (GIS) bieten und die ich während des Studiums kennengelernt habe, zu wiederholen und zu vertiefen, zum anderen, weil die Urgeschichte ein faszinierendes Kapitel der Menschheitsgeschichte darstellt, das sich für Untersuchungen u.a. durch GIS anbietet, da man für diese Zeit nicht auf schriftliche Quellen zurückgreifen kann, um zu Erkenntnissen zu gelangen.

Die ursprüngliche Idee war, die Ausbreitung der Jungsteinzeit in Europa zu untersuchen. Da dieses Kapitel der Urgeschichte jedoch bereits sehr ausführlich – auch mithilfe von GIS - beforscht wird, fiel die Wahl schließlich auf die Zeit der Besiedelung Europas durch Menschen während der Altsteinzeit. Die erste Besiedelung Europas durch den modernen Menschen (siehe Begriffserklärungen) und das Aufeinandertreffen von modernen Menschen und Neandertalern sowie die Bewältigung des letzten glazialen Maximums stellen überaus interessante Themen der Altsteinzeit dar. Während der Altsteinzeit waren die Menschen noch Jäger und Sammler und stellten an ihre Umwelt vermutlich andere Ansprüche als sesshafte Menschen. Für die Wahl ihrer Siedlungsplätze waren andere Kriterien ausschlaggebend, da es sich bei einem vorübergehenden Aufenthalt nicht auszahlte, die Umwelt ihren Bedürfnissen anzupassen, wie z.B. geschützte Unterkünfte zu errichten. Diese Epoche unterscheidet sich deutlich von den darauffolgenden.

Ich danke Univ.-Prof. DI Dr. Wolfgang Kainz für die Betreuung meiner Masterarbeit, insbesondere auch für die Unterstützung beim Zugang zu den Daten vom Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Dietmar Koch gilt mein Dank für das Korrekturlesen der Arbeit.

II. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Hominini (Wood, 2005)
- Abbildung 2: Besiedelungsrouten über den Vorderen Orient (Rigos, 2014)
- Abbildung 3: mögliche Besiedelungsrouten über Gibraltar (Kozłowski, 2005)
- Abbildung 4: Besiedelungsrouten über den Vorderen Orient (Rigos, 2014)
- Abbildung 5: Besiedelungsrouten über Gibraltar (Kozłowski, 2005)
- Abbildung 6: Verbreitung der Neandertaler (Rigos, 2014)
- Abbildung 7: Kulturen der späten Neandertaler (Terberger, 2014)
- Abbildung 8: zwei Wellen der Einwanderung (zeitlich BP, nicht kalibriert, daher zu jung eingeschätzt, Zeitangaben siehe Kap. 1.2.3) (Mellars, 2004)
- Abbildung 9: Ausbreitung Jungsteinzeit mit verschiedenen Keramikulturen (Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Leibniz-Forschungsinstitut für Archäologie, 2016)
- Abbildung 10: Klimarekonstruktion (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016b)
- Abbildung 11: Temperatur der gesamten Erdgeschichte (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016a)
- Abbildung 12: Vegetation Kältemaximum (Adams, 2016)
- Abbildung 13: Modellierung der Bevölkerungsdichte vor und nach dem letzten Kältemaximum (Tallavaara et al., 2015)
- Abbildung 14: Mammut in der Höhle von Rouffignac (Bradshaw Foundation, 2017), älter als 14.000 Jahre
- Abbildung 15: Pferd aus der Höhle von Niaux (Bradshaw Foundation, 2017), ca. 13.500 bis 12.500 Jahre alt
- Abbildung 16: Sauerstoff-Isotopenstufen (Stages) (Ruddy, 2018)
- Abbildung 17: Kalibrationskurve zur Umrechnung von C14- in Kalenderjahre (Reimer, 2013)
- Abbildung 18: Gestaltungsmittel der thematischen Kartographie (Hake et al., 2002)
- Abbildung 19: die acht Variablen nach Bertin (Bertin, 1999)
- Abbildung 20: die acht Variablen illustriert anhand der Grundelemente (Bertin, 1999)
- Abbildung 21: umgezeichnete Karte (Eggers, 1950)
- Abbildung 22: Fundkarte Jungsteinzeit in Tirol (Uslar, 1991)
- Abbildung 23: Fundstellen eiszeitlicher Felskunst mit in der Größe abgestuften Signaturen je nach Anzahl der Fundstellen (Terberger, 2014)
- Abbildung 24: Verbreitung von Faustkeilen und Blattspitzen des Moustérien (Bar-Yosef, 2006)
- Abbildung 25: Ausbreitung des modernen Menschen und der mit ihm verbundenen Kulturen (Kozłowski, 2005)
- Abbildung 26: Kostenoberfläche (Llobera et al., 2011)

- Abbildung 27: Einzugsbereich auf Basis des Geländereiefs (Vetter and Barnikel, 2012)
- Abbildung 28: Hangneigung, Exposition (Alexakis et al., 2011)
- Abbildung 29: kostengünstigste Pfade zwischen Siedlungszentren (Alexakis et al., 2011)
- Abbildung 30: kumulierte Sichtfelder (Alexakis et al., 2011)
- Abbildung 31: Vergleich kumulierte Sichtfelder und Sichtfelder von einzelnen Punkten (Garcia-Moreno, 2013)
- Abbildung 32: Dichtekarten (Alexakis et al., 2011)
- Abbildung 33: Predictive Modeling, Wahrscheinlichkeit von Funden (Qiao et al., 2013)
- Abbildung 34: Kriging Neolithisierung Iberische Halbinsel (Isern et al., 2014)
- Abbildung 35: Ergebnis einer Sichtbarkeitsanalyse (Schröder, 2009)
- Abbildung 36: 3D-Darstellung des Alters von Funden (Fu et al., 2016)
- Abbildung 37: Relief der Dordogne (Tronel, 2018)
- Abbildung 38: Ausschnitt aus dem EU DEM (LAEA) (Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung
- Abbildung 39: digitales Höhenmodell IGN auf EU DEM (LAEA) (Eurostat, 2010; IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 40: alle Funde von 47.000 - 22.000 calBP, grün: Moustérien, orange: Aurignacien, gelb: Gravettien (van Andel and Aiello, 2003; Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung
- Abbildung 41: Statistische Auswertung der Höhen der Fundstellen des Moustérien zwischen 47.000 und 22.000 calBP
- Abbildung 42: Funde in den verschiedenen Klimaphasen, grün: Moustérien, orange: Aurignacien, gelb: Gravettien; die Gravettien-Kultur existierte erst ab ca. 33.000 calBP innerhalb des Untersuchungsgebietes (van Andel and Aiello, 2003; Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung
- Abbildung 43: Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Neigung (Seubers, 2014)
- Abbildung 44: Tabelle für „Reclassify“ (Seubers, 2014)
- Abbildung 45: SCA (digitales Höhenmodell) um die Fundstelle Barbas III (grüner Punkt) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 46: Höhenunterschiede und Reliefenergie (LU, 2008)
- Abbildung 47: mit Hilfe des Werkzeugs „Raster teilen“ in regelmäßige Quadrate unterteilte SCA (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 48: in 25 Quadrate zu je 1 km Seitenlänge unterteilter Ausschnitt mit der Fundstelle Barbas III (grün) links, Ariège rechts (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 49: Befehlszeile zur Ermittlung des TRI (GDAL, 2019), eigene Bearbeitung
- Abbildung 50: Terrain Ruggedness Index für das Gebiet um Barbas III in der Dordogne (links) und für ein Gebiet am Fuße der Pyrenäen (rechts) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 51: Neigung in Prozent erstellt in ArcMap im untersuchten Gebiet, 9 Klassen, Natural Breaks (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

- Abbildung 52: Ausrichtung erstellt in ArcMap (Ausrichtung im untersuchten Gebiet) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 53: Rosendiagramm: Verteilung der Ausrichtungen (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 54: Aufteilung der verschiedenen Ausrichtungen nach Neigungen (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 55: Visualisierung der Oberflächen um die Fundstelle Barbas III in der Dordogne (links) und im Département Ariège (rechts) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 56: Sichtfelder (Viewsheds) von drei verschiedenen Standorten aus (IGN, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 57: Prinzip Kerndichteschätzung (Levine, 2013)
- Abbildung 58: die verschiedenen Funktionen sind in der Software CrimeStat, die u.a. auch eine Kerndichteschätzung erlaubt, implementiert (Levine, 2013)
- Abbildung 59: Klimaphase 20.000 – 19.000 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 60: Klimaphase 17.500 – 16.500 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 61: Klimaphase 16.500 – 14.670 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 62: Klimaphase 14.670 – 14.100 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 63: Klimaphase 14.100 – 13.900 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 64: Klimaphase 13.900 – 12.900 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 65: Klimaphase 12.900 – 11.500 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 66: Klimaphase 20.000 – 11.500 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 67: Visualisierung der Dichteoberfläche in ArcScene, hier nur zur Veranschaulichung, findet eher bei größeren Maßstäben Anwendung (Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 68: Visualisierung der Dichteoberfläche in ArcGlobe, hier für kleinere Maßstäbe besser geeignet (Miller, 2012), eigene Bearbeitung
- Abbildung 69: Homo sapiens (sapiens) in Europa (Turcotte, 2017)

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erdgeschichte (Spektrum Akademischer Verlag, 2014c)

Tabelle 2: Epochen der Steinzeit (Fleiter, 2012), eigene Bearbeitung

Tabelle 3: absolute Datierungen (Südwestrundfunk, 2017), eigene Bearbeitung

Tabelle 4: relative Datierungen (Südwestrundfunk, 2017), eigene Bearbeitung

Tabelle 5: durchschnittliche Höhenlage der Funde der einzelnen Kulturen, (van Andel and Aiello, 2003; Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung

Tabelle 6: Mittlerer nächster Nachbar nach Klimaphasen und gesamt (Miller, 2012), eigene Bearbeitung

IV. Kurzfassung

In dieser Arbeit geht es darum aufzuzeigen, inwieweit Geographische Informationssysteme (GIS) zur Klärung urgeschichtlicher Fragestellungen beitragen können.

Nach einer Einführung in anthropologische und urgeschichtliche Grundlagen wird die Literatur im ersten Schritt dahingehend analysiert, in welcher Weise die Kartographie, insbesondere die thematische Kartographie, in der Urgeschichte und Archäologie eingesetzt wird. Danach wird erarbeitet, welche Instrumente der Analyse, Modellierung und Visualisierung GIS über die rein kartographische Funktion hinaus zur Verfügung stellen, die in der Urgeschichte von Nutzen sind.

Im praktischen Teil wird anhand von Beispielen aus der Zeit der Besiedelung Europas durch den Menschen in der Altsteinzeit demonstriert, welche konkreten Werkzeuge zur Klärung von ausgewählten Fragestellungen, besonders auch im Zusammenhang mit Auswirkungen der Umwelt und des Klimas, zum Einsatz kommen können und welche Aussagen möglich sind.

Die Beispiele betreffen einerseits die Zeit, als moderne Menschen erstmals nach Europa einwanderten und dort auf bereits lange ansässige Neandertaler trafen und ihre jeweiligen Lebensumstände, andererseits die Wiederausbreitung des modernen Menschen nach dem letzten glazialen Maximum.

Abschließend wird ein Ausblick auf mögliche künftige Einsatzbereiche von GIS in der Urgeschichte gegeben.

This thesis aims at investigating how Geographic Information Systems (GIS) can support the work on prehistoric questions.

An introduction to anthropologic and prehistoric basics is followed by literature research how cartography – and in particular thematic cartography – has been applied in prehistoric and archeologic research. Then it is elaborated which instruments, in terms of analysis, modelling and visualisation, GIS can provide beyond purely cartographic features and can be applied beneficially in prehistoric research.

The practical part of the study looks at examples of European settlement at the paleolithic age, which tools can be applied to work on a set of questions in context with impacts of environment and climate and which conclusions can be derived.

These examples cover on the one hand the period when modern humans first migrated into Europe and there met the Neanderthals and their respective environment and on the other the re-expansion of modern humans following the latest glacial maximum.

Finally, this thesis provides an outlook of potential future application fields of GIS in prehistoric research.

1 Einleitung und Einführung in die Thematik

1.1 Einleitung

Zahlreiche historische Phänomene werden mit dem (geographischen) Raum in Verbindung gebracht. Hekataios von Milet und Herodot von Halikarnassos gelten als Begründer der Historiographie (Geschichtsschreibung), deren Erkenntnisse u.a. auf ihrer Tätigkeit als Geographen beruhte. Bei weiteren antiken Autoren wie Caesar und Tacitus werden geschichtliche Entwicklungen ebenfalls in einen ursächlichen Zusammenhang mit geographischen Gegebenheiten gebracht. Die Bedeutung der Geographie und insbesondere auch der Kartographie für die Veranschaulichung geschichtlicher Ereignisse ist nicht zu unterschätzen. (Schnurbein, 2014)

Die **Kartographie** ermöglicht es, räumliche Entwicklungen in verschiedenen Maßstäben zu veranschaulichen und zu erklären. Hans Jürgen Eggers setzte sich im 20. Jahrhundert mit der Methodik der Kartographie in der Urgeschichte auseinander und brachte zu dem Thema eine eigene Zeitschriftenreihe heraus („Archaeologica Geographica“). (Schnurbein, 2014)

Die Entwicklung von **GIS** eröffnete Archäologen und Urgeschichtlern neben der Darstellung historischer Gegebenheiten und Entwicklungen zusätzlich die Möglichkeit der fundierten Modellierung und Analyse und damit der Unterstützung der archäologischen Forschung. GIS werden in der archäologischen Forschung schon länger eingesetzt, haben aber für die Rekonstruktion und Analyse von Lebensumständen früherer menschlicher Gesellschaften erst seit kurzer Zeit an Bedeutung gewonnen. (Droß, 2006; Vetter and Barnikel, 2012)

Es wurden bald GIS-gestützte Analysen zu verschiedenen urgeschichtlichen Fragestellungen durchgeführt. Besiedlungsmuster vor der Neolithisierung (siehe Begriffserklärungen) sowie Interaktionen zwischen einzelnen Siedlungsplätzen waren Gegenstand von wissenschaftlichen Arbeiten, in denen verschiedene Hypothesen aufgestellt wurden (Boyle, 1996). Weitere Arbeiten beschäftigten sich mit Standortfaktoren während der Besiedelung und untersuchten diese mithilfe von GIS-Werkzeugen (Strobl et al., 2012).

GIS und ihre Werkzeuge vermögen einen wichtigen Beitrag dazu zu leisten, die Lebensumstände, die sich in räumlichen Gegebenheiten widerspiegeln oder mit ihnen in Wechselwirkung stehen, zu erforschen und zu verstehen, insbesondere deshalb, weil man sich für Fragen der Urgeschichte nicht auf schriftliche Quellen beziehen kann.

Es gibt noch zahlreiche Fragestellungen, die derzeit erst theoretisch behandelt wurden und zu deren Klärung GIS beitragen können.

In dieser Arbeit wird der Versuch unternommen, mit den drei Hauptanwendungen eines GIS, nämlich Analyse, Modellierung und Visualisierung, zu demonstrieren, wie Fragestellungen zur Besiedelung Europas während der Altsteinzeit unter Berücksichtigung klimatischer Einflüsse bearbeitet werden können, da die Dynamik der Besiedelung Europas in einem ursächlichen Zusammenhang mit der Änderung der Umwelt und besonders der klimatischen Bedingungen steht. (Timmermann and Friedrich, 2016)

1.1.1 Zielsetzungen und Forschungsfragen

Ziel der Arbeit ist es zu veranschaulichen, inwieweit die GIS-Werkzeuge zur Analyse, Modellierung und Visualisierung einen Beitrag zu offenen Fragen im Zusammenhang mit der Wahl von Siedlungsplätzen und der Bevölkerungsverteilung während der Besiedelung Europas beitragen und dadurch helfen können, die Lebensumstände der ersten Menschen in Europa zu rekonstruieren. Durchgeführt werden soll dies anhand von zwei Beispielen, die zeitlich in der Altsteinzeit angesiedelt sind, als einerseits moderne Menschen erstmals nach Europa vordrangen und dort auf die Neandertaler trafen, die bald darauf ausstarben, und sich andererseits moderne Menschen nach dem letzten glazialen Maximum wieder über ganz Europa verbreiteten. Diese beiden Themenbereiche wurden sowohl aufgrund der interessanten Thematik gewählt als auch, weil dafür Datensätze zur Verfügung stehen. Die untersuchten Fragestellungen betreffen, unter Einbeziehung möglicher Auswirkung von Klima und Umwelt, vor allem die Wahl von Siedlungsplätzen, Bevölkerungsausdehnung und Wanderung – Fragestellungen, die einen starken Raumbezug haben.

Es ergeben sich konkret die folgenden Arbeits- und Forschungsfragen:

- Welchen Beitrag können die GIS-Werkzeuge generell zu urgeschichtlichen Fragestellungen leisten?
- Bei welchen Fragestellungen der oben genannten Thematik bietet sich die Bearbeitung durch ein GIS an?
- Welche GIS-Werkzeuge sind dafür besonders geeignet, welche Ergebnisse können sie liefern?
- Was kann ein GIS nicht bewältigen, wo bestehen Probleme und Einschränkungen?

1.1.2 Methodischer Ansatz

Erster wichtiger Teil zur Klärung der Forschungsfragen ist eine Literaturrecherche, die klären soll, welche Fragestellungen der Urgeschichte bereits behandelt wurden und welche GIS-Werkzeuge hinsichtlich Analyse, Modellierung und Visualisierung dabei zum Einsatz kamen.

Gegenstand des zweiten Teils der Literaturrecherche ist das Auffinden von Fragestellungen im Zusammenhang mit der Besiedelung Europas während der Altsteinzeit, besonders was Standortkriterien oder die Verteilung der Menschen im Raum betrifft, zu deren Klärung ein GIS beitragen kann.

Diese Fragestellungen werden in der Folge anhand von praktischen Beispielen mit den jeweiligen GIS-Werkzeugen bearbeitet und die Ergebnisse und die Aussagekraft der Werkzeuge bewertet.

Die konkrete **Gliederung der Arbeit** sieht folgendermaßen aus: im ersten, theoretischen Teil werden die anthropologischen Grundlagen, Klima und Umwelt in der Urgeschichte behandelt und es erfolgt eine Einführung in Kartographie und GIS im Allgemeinen und Kartographie und GIS in der Urgeschichte im Besonderen.

Der zweite Teil widmet sich den praktischen Beispielen und umfasst die Manipulation der Datengrundlage sowie die Bearbeitung der Fragestellungen durch die ausgewählten Werkzeuge der Analyse, Modellierung und Visualisierung von GIS.

Zusammenfassung und Ausblick sind Gegenstand des dritten Teiles der Arbeit.

1.2 Anthropologische Grundlagen, Klima und Umwelt, Funde

1.2.1 Entwicklung und Verbreitung der Menschen in der Urgeschichte (unter besonderer Berücksichtigung der Besiedelung Europas)

1.2.1.1 Vorgeschichte

Die Erde ist ca. 4,6 Milliarden Jahre alt und hatte bereits eine erstaunliche Entwicklung durchgemacht, als sich die ersten Menschen entwickelten (siehe Tab. 1).

In der Erdurzeit, dem sogenannten Präkambrium, entstand das erste Leben auf der Erde. Im darauffolgenden Erdaltertum, dem Paläozoikum, entwickelte sich das Leben weiter bis zu den heute bekannten Tierstämmen. Pflanzen und Tiere begannen, die Landmassen zu besiedeln. (Dier, 2016)

Tabelle 1: Erdgeschichte (Spektrum Akademischer Verlag, 2014c)

Flora	Äon	Ära	Zeit		Beginn vor Mio. Jahren	organische Entwicklung (vor Millionen Jahren)
Känophytikum (Neophytikum)	Phanerozoikum	Känozoikum (Erdneuzeit)	Quartär	Holozän		
				Pleistozän	1,8	<i>Homo sapiens</i> (0,8)
			Tertiär	Neogen	24	Erstauftreten der Gattung <i>Homo</i> (2,0) <i>Australopithecus</i> (4,5) erste Hominiden (4,8) erste Hominoiden (<i>Proconsul</i> 20)
				Paläogen	65	erste Nagetiere (48), erste Pferde (53)
Mesophytikum		Mesozoikum (Erdmittelalter)	Kreide	144	Aussterben der Saurier, Rudisten, Globotruncanen, Ammoniten, Belemniten (65) erste Schlangen (85); erste Diatomeen (110) erste Placentalia (Eutheria) (133) erste Bedecktsamer (Angiospermen) (135)	
			Jura	206	Blütezeit riesiger Dinosaurier (Sauropoden) Urvögel, Rudisten (145) erste planktonische Foraminiferen (170)	
			Trias	248	erste Säugetiere; erste moderne Knochenfische (215), Coccolithophoriden (220) erste Dinosaurier (Ornithischia, Saurischia) (240) erste Ichthyosaurier, Brückenechsen, Schildkröten und Froschlurche	
Pteridophytikum		Paläozoikum (Erdaltertum)	Perm	290	Blütezeit säugerähnlicher Reptilien (Therapsida) (270)	
			Karbon	354	erste geflügelte Insekten (310) erste säugetierähnliche Reptilien (315) erste Reptilien (325)	
Devon			417	erste Landwirbeltiere (Labyrinthodonten) (345) erste Samenpflanzen (Nacktsamer, Gymnospermen) (355) erste Haie (Cladoselechi) (368) erste Insekten (385) und Ammonoidea i.e.S. (415)		
Silur			443	erste Lungenfische und Gefäßpflanzen (420) erste Kieferfische (Placodermi) (425)		
Ordovizium			490	erste Landpflanzen (430) und Ammonoidea i.w.S. (465)		
Kambrium			543	erste Kieferlose (498), erste Graptolithen (515) Außenskelette bei Trilobiten, Ostracoden, Mollusken, Echinodermen und Brachiopoden (525–540)		
Archäophytikum (Proterophytikum)	Präkambrium (Erdurzeit)	Proterozoikum (Algonkium)	Neoproterozoikum		1000	älteste Foraminiferen (530–500) älteste Kalkalgen (545) Ediacara-Metazoen (550–558) Radiation der Acritarchen (900) häufig Prokaryoten, wenige Eukaryoten (1000)
			Mesoproterozoikum		1500	älteste Lebensspuren i.e.S. (1000–1200) erste makroskopische Algen? (1200)
			Paläoproterozoikum		2400	überwiegend aerobe Hydro- und Atmosphäre (1900) älteste Eukaryoten und älteste Lebensspuren
		Archäikum	Neoarchäikum		2700	
			Mesoarchäikum		3100	erste Mikrofloren (3000)
			Paläoarchäikum		3500	frühe Prokaryoten (Archae-, Cyano- und Eubacteria) (3500) erste ? Stromatolithen (3500)
			Eoarchäikum		3900	fragliche Organismenreste (3800) älteste terrestrische Gesteine (3900)
		Hadeum	Hadeum		4700	Entstehung der Urhydro- und Uratmosphäre (4100) Entstehung des Sonnensystems, der Erde und des Mondes (4500–4700)

Das Erdmittelalter, das Mesozoikum, war das Zeitalter der Dinosaurier. Sie bevölkerten über einen sehr langen Zeitraum die Erde, bis sie, vermutlich bedingt durch den Einschlag eines Meteoriten, wieder verschwanden.

Dann erst, in der Erdneuzeit, dem Känozoikum, entwickelten sich die Tiere und Pflanzen und später auch die Menschen zu dem, was sie heute sind.

Das Känozoikum wird in Tertiär und Quartär unterteilt. Während des Tertiärs trat erstmals die Gattung Homo (bzw. Hominini, siehe Begriffserklärungen) in Afrika auf.

Im anschließenden Quartär, das seinerseits in Pleistozän und Holozän unterteilt wird (siehe Tab. 2), beginnt die archäologische Zeitrechnung der Urgeschichtlichen Steinzeit. Die Altsteinzeit (Paläolithikum) beginnt im Pleistozän, Mittelsteinzeit (Mesolithikum) und Jungsteinzeit (Neolithikum) befinden sich im jüngsten Zeitabschnitt des Känozoikums, in dem wir heute noch leben, dem Holozän. (Dier, 2016)

Derzeit wird unter Geowissenschaftlern diskutiert, ob man im Anschluss an das Holozän ein neues Erdzeitalter, das sogenannte Anthropozän, einführen sollte, da der Einfluss des Menschen auf seine Umwelt immer größer wird und der Mensch selbst bereits einen geologischen Faktor darstellt. Der Begriff „Anthropozän“ wurde um die 2000er Jahre von Paul Crutzen und Eugene Stroe-mer geprägt. (Crutzen, 2002; Trischler, 2016)

Tabelle 2: Epochen der Steinzeit (Fleiter, 2012), eigene Bearbeitung

Quartär				
Pleistozän			Holozän	
vor 2,5 Millionen - 200.000 Jahren	vor 200.000 - 40.000 Jahren	vor 40.000 - 10.000 Jahren	vor 10.000 - 6.000 Jahren	vor 6.000 - 4.000 Jahren
Frühe Altsteinzeit (Altpaläolithikum)	Mittlere Altsteinzeit (Mittelpaläolithikum)	Jüngere Altsteinzeit (Jungpaläolithikum)	Mittelsteinzeit (Mesolithikum)	Jungsteinzeit (Neolithikum)
Urmenschen (Homo rudolfensis, Homo habilis)	Neandertaler (Homo sapiens Neanderthalensis)	Moderne Menschen (Homo sapiens sapiens)	Moderne Menschen (Homo sapiens sapiens)	Moderne Menschen (Homo sapiens sapiens)
Frühmenschen (Homo heidelbergensis, Homo erectus)				

Die erste Besiedelung Europas durch Vertreter der Gattung Homo (bzw. Hominini) fand noch in der Frühen Altsteinzeit statt, weitere Besiedelungen folgten in der Mittleren und Jüngeren Altsteinzeit. (Terberger, 2014)

1.2.1.2 Die ersten Menschen

Die ersten Hominini (siehe Abb. 1) entwickelten sich, wie erwähnt, im Tertiär in Afrika. Ein bekannter Vertreter dieser Vorfahren ist der *Australopithecus africanus*, der vor mehr als drei Millionen Jahren in Afrika lebte. (Wood, 2005)

Vor über zwei Millionen Jahren gingen aus diesen Vorfahren kulturschaffende Menschen hervor, aus denen sich der *Homo sapiens* und andere Menschenarten wie der Neandertaler entwickelten, die jedoch wieder ausgestorben sind. (Terberger, 2014)

Auf die einzelnen Arten und die Verwandtschaften der Arten untereinander soll hier nicht genauer eingegangen werden, da sie sehr komplex und wissenschaftlich noch nicht eindeutig geklärt sind, auch wenn die moderne Genetik dabei ist, einen Großteil der Rätsel zu entschlüsseln. (Hublin, 2014/2015)

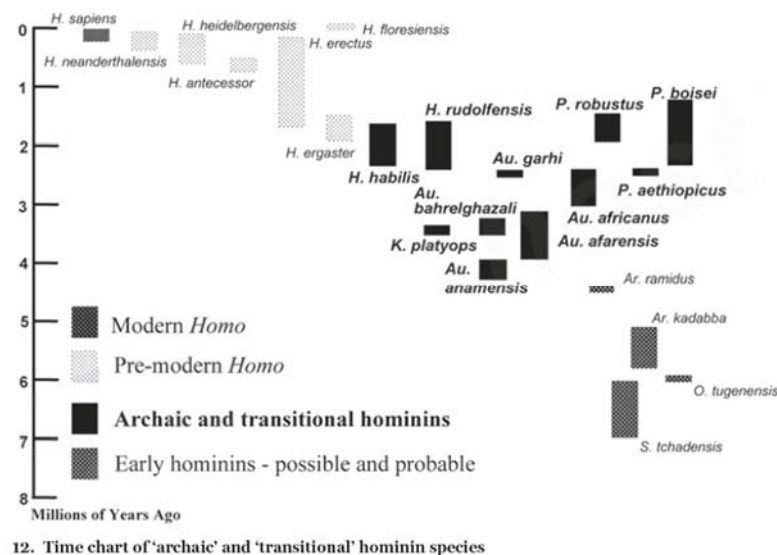


Abbildung 1: Hominini (Wood, 2005)

Der Ursprung aller Hominini liegt, wie bereits festgehalten, in Afrika und auch der *Homo sapiens*, der Vorfahr der modernen Menschen, hat seine Heimat in Afrika, dem „Garten Eden“. (Stringer and MacKie, 1996; Bräuer, 2001; Wood, 2005)

Es existieren zwar weiterhin Theorien, die den multiregionalen Ansatz favorisieren, d.h., die davon ausgehen, dass sich die heutigen Menschen unabhängig voneinander und parallel aus dem *Homo erectus* entwickelt hätten:

"Nach Ansicht der Multiregionalisten kam unser vorzeitlicher hominider Vorfahre, Homo erectus, vor etwa einer Million Jahren aus Afrika und verbreitete sich über die

Alte Welt. In allen bewohnten Teilen der Erde, auf Inseln, im abgelegenen Hochland und in einsamen Tälern entwickelten sich dann aus diesen Frühmenschen langsam und voneinander getrennt Eskimos, Pygmäen, australische Aborigines und all die anderen Völker, die heute die Erde bewohnen. In Europa hat sich dieser Meinung nach der Homo erectus zum Neandertaler weiterentwickelt, aus dem der moderne Europäer hervorging." (Stringer and MacKie, 1996)

Dem stehen jedoch eindeutige Beweise der Genetik entgegen, die den Ursprung aller heutigen Menschen in Afrika belegen. (Stringer and MacKie, 1996; Bräuer, 2001; Wood, 2005)

1.2.1.3 Aufbruch in die Welt

Funde von Hominini, die älter als zwei Millionen Jahre sind, gibt es ausschließlich in Afrika. Das muss jedoch keineswegs bedeuten, dass auch tatsächlich keine Hominini Afrika verlassen haben, wie Wood treffend bemerkt: „*But absence of evidence is not evidence of absence*“. (Wood, 2005) Gesichert ist, dass Hominini mindestens seit ca. 1,8 Millionen Jahren in die Welt und nach Europa aufbrachen. Die ältesten homininen Fossilien außerhalb von Afrika wurden in Dmanisi/Georgien entdeckt und werden auf ein Alter von ca. 1,85 Millionen Jahren datiert. Sie werden dem Homo erectus bzw. einer frühen Unterart zugeordnet oder auch dem Homo ergaster (Terberger, 2014), die Frage der Zuordnung ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. Der weitere Weg führte dann vermutlich nach Asien. Gesichert sind Funde des Homo erectus in China und Indonesien, die ein Alter von ca. 1 Million Jahren aufweisen. (Wood, 2005)

Die Gründe für diese vermutlich erste Auswanderung sind nicht bekannt. Möglich ist, dass externe Ursachen wie z.B. Klima- und die daraus resultierenden Veränderungen der Umwelt die Menschen direkt veranlassten, Afrika zu verlassen. Oder aber die Tatsache, dass Hominini innerhalb von Afrika lernten, sich verschiedenen Umweltveränderungen anzupassen, führte dazu, dass sie die neu erworbenen Fähigkeiten dazu nutzten, neue Lebensräume für sich zu gewinnen. (Hublin, 2014/2015)

1.2.1.4 Erste Besiedelung Europas

Die erste Besiedelung Europas fand vor ca. 1,2 Millionen Jahren in der Frühen Altsteinzeit statt. Dies belegen Funde in Italien und Spanien, die dem Homo antecessor zugeschrieben werden. (Kozłowski, 2005)

Es ist jedoch umstritten, ob es sich um eine eigene Art handelt (Terberger, 2014), die vom Homo ergaster abstammt (Rigos, 2014) oder um einen Homo erectus oder eine frühe Form des Homo heidelbergensis (Hublin, 2014/2015).

Für diese und die nachfolgende zweite Besiedelung Europas gibt es zwei mögliche Routen: eine führt über die Levante im Vorderen Orient (siehe Abb. 2), die andere über die Straße von Gibraltar (siehe Abb. 3). Durch Funde gesichert ist zwar nur die erste Besiedelungsrouten, die zweite ist jedoch nicht unwahrscheinlich. Möglicherweise wurde Europa auf verschiedenen Wegen besiedelt. (Kozłowski, 2005; Terberger, 2014)

"Vom afrikanischen Kontinent führen zwei Wege nach Europa: Im Westen wird die Iberische Halbinsel durch die Straße von Gibraltar von Afrika getrennt, die heute eine mindestens 13 km breite, durch starke Strömung charakterisierte Wasserstraße bildet. In den Kaltzeiten führte das in den Gletschermassen gebundene Wasser allerdings zu deutlich niedrigeren Meeresspiegeln, und so war die Engstelle damals vielleicht auch ohne die Hilfe von Booten zu überwinden. Obwohl dieser Weg als Brücke in den Norden also durchaus in Betracht kommt, lassen sich jedoch aus Nordafrika bislang keine verlässlichen Belege für eine erste Besiedelung Europas über diesen Weg anführen." (Terberger, 2014)



Abbildung 2: Besiedelungsrouten über den Vorderen Orient (Rigos, 2014)

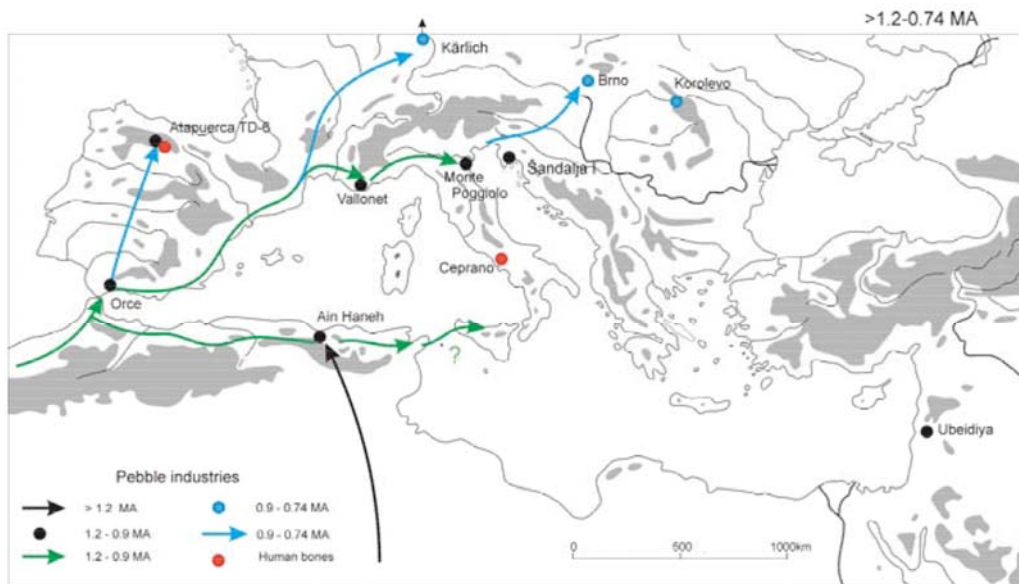


Fig.2. Carte de la plus ancienne agglomération humaine en Europe (>1,2 / 0,74 MA).

Abbildung 3: mögliche Besiedelungsroute über Gibraltar (Kozłowski, 2005)

Aufgrund der Verteilung der Funde in Europa scheint hier der Zugang auf diesen Kontinent sowohl über Gibraltar als auch über Tunesien und Sizilien nach Italien nicht unwahrscheinlich. (Kozłowski, 2005)

1.2.1.5 Zweite Einwanderung nach Europa

Vor ca. 600.000 Jahren führte die zweite Einwanderung den *Homo heidelbergensis*, der dem *Homo erectus* nahesteht, nach Europa. (Terberger, 2014)

Die Epoche wird nach der Art der Werkzeuge, die einer Zeit zugeordnet werden, definiert und Acheuléen genannt. Man geht davon aus, dass die Faustkeile in der Form, in der sie vorgefunden wurden, von den Einwanderern mitgebracht wurden, da in Europa keine unterschiedlichen Entwicklungsstufen zu existieren scheinen. (Kozłowski, 2005)

Auch hier kommen wieder zwei Besiedelungsrouten in Betracht (siehe Abb. 4). Eine Besiedelung über Gibraltar scheint insbesondere deswegen nicht ausgeschlossen, da besonders im Westen Europas Faustkeile der Acheuléen-Epoche gefunden wurden, die ähnliche Charakteristika aufweisen wie Faustkeile aus Marokko, die auf ein Alter von ca. 1 Million Jahren datiert werden (siehe Abb. 5). (Kozłowski, 2005)

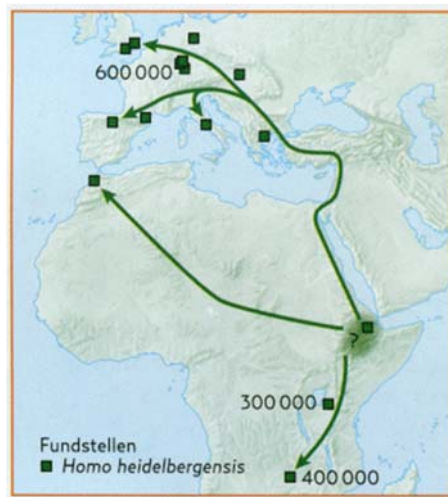


Abbildung 4: Besiedelungsrouten über den Vorderen Orient (Rigos, 2014)

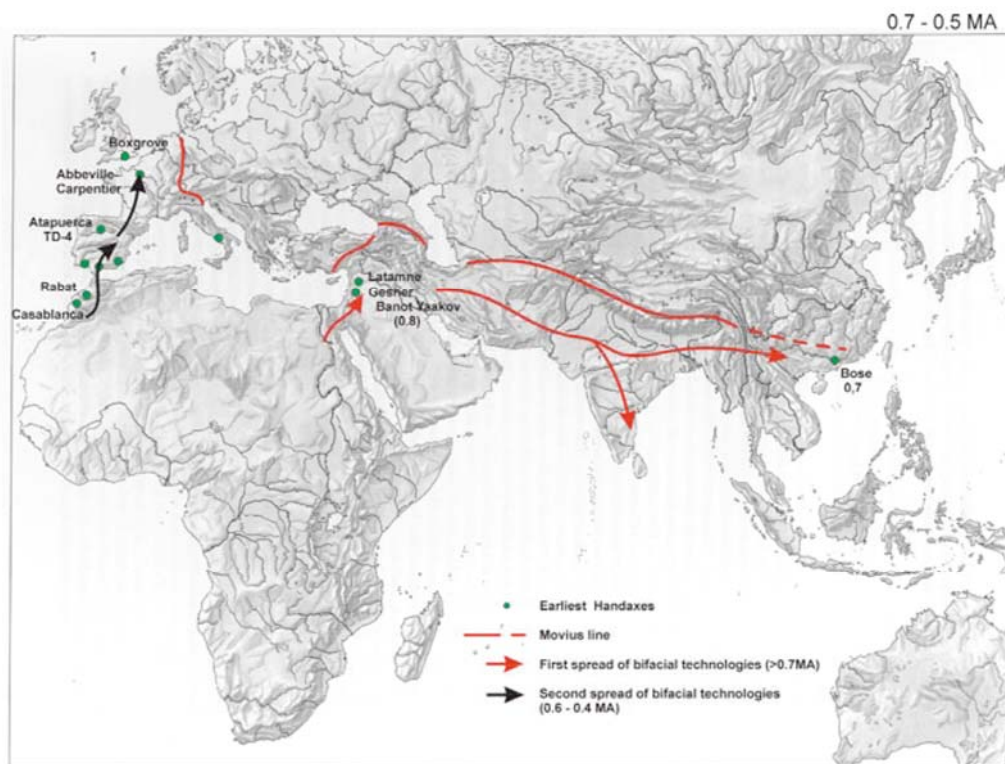


Fig.3. Les plus anciennes découvertes Acheuléennes : seconde migration *Out-of-Africa*. -0,7 / -0,5 MA (?)

Abbildung 5: Besiedelungsrouten über Gibraltar (Kozłowski, 2005)

1.2.1.6 Neandertaler

Alle diese „Auswanderer“ starben wieder aus und verschwanden. Die letzten und bekanntesten wieder ausgestorbenen Bewohner Europas vor den modernen Menschen waren die Neandertaler, die sich vor ca. 300.000 Jahren möglicherweise in Frankreich aus dem *Homo heidelbergensis* entwickelt hatten und sich in Europa, in den Nahen Osten, den Kaukasus und nach Sibirien ausbreiteten (siehe Abb. 6).

Die Gesamtpopulation der Neandertaler war nie sehr groß und wahrscheinlich war auch nie das gesamte Einzugsgebiet der Neandertaler gleichzeitig bewohnt. Über 250.000 Jahre lebten die Neandertaler in Europa und erlebten den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten. Auch wenn der Neandertaler als „Eiszeitjäger“ Bekanntheit erlangt hat, scheint es die höchste Bevölkerungsdichte nicht bei sehr kaltem Klima (auch nicht bei sehr warmem) gegeben zu haben, sondern eher bei gemäßigttem Klima. (Hublin, 2015/2016)



Abbildung 6: Verbreitung der Neandertaler (Rigos, 2014)

Neandertaler waren in der Lage, spezifische Steinwerkzeuge (Faustkeile) herzustellen, die eine eigene kulturelle Errungenschaft darstellten. Erstmals kam es außerhalb Europas zur Erfindung einer Werkzeugkultur. Die bedeutendste Werkzeugkultur der frühen Neandertaler war das sogenannte Moustérien, das nach dem Fundort Le Moustier in Frankreich benannt wurde. (Hublin, 2015/2016; Hominides.com, 2016)

Diese Werkzeugkultur erfuhr eine ständige Weiterentwicklung, und zur Zeit der späten Neandertaler kurz vor Eintreffen der modernen Menschen gab es in Europa bereits regional unterschiedliche Unterkulturen (siehe Abb. 7). (Terberger, 2014)

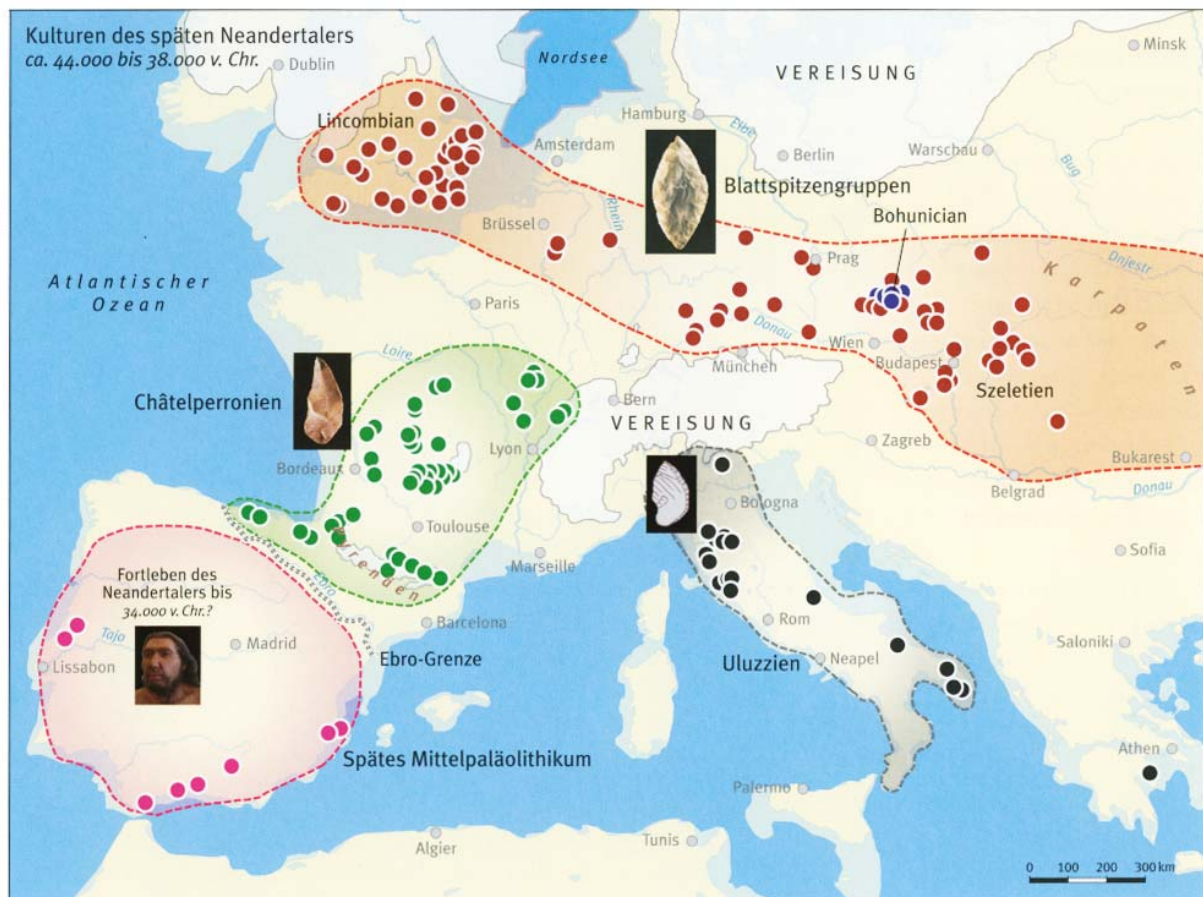


Abbildung 7: Kulturen der späten Neandertaler (Terberger, 2014)

1.2.1.7 Homo sapiens – der moderne Mensch

Der Homo sapiens entwickelte sich vor 100.000 - 200.000 Jahren in Afrika aus dem Homo heidelbergensis und verbreitete sich zuerst in Afrika, dann aber über die ganze Welt. Bevor die ersten dieser modernen Menschen Europa erreichten, hatten sie Afrika schon mehrfach verlassen. (Riggs, 2014; Terberger, 2014)

Sie verließen Afrika wahrscheinlich über die Landbrücke von Suez oder im Süden des Roten Meeres über die Meerenge von Bab-el-Mandeb. Diese Meerenge ist ca. 30 km breit, es befinden sich jedoch zahlreiche Inseln zwischen Afrika und dem Nahen Osten. Geht man davon aus, dass moderne Menschen die Navigation beherrschten, so ist auch diese Route möglich. (Hublin, 2016/2017)

Nach Timmermann und Friedrich gibt es verschiedene Zeitfenster, während derer der Auszug aus Afrika u.a. Richtung Europa aufgrund der klimatischen Bedingungen (z.B. als die Sahara „grün“ war) bevorzugt möglich gewesen wäre. (Timmermann and Friedrich, 2016)

Menschliche Überreste in der Levante zeugen von einer zumindest teilweisen Besiedelung vor 120.000 - 130.000 Jahren. Man kann also davon ausgehen, dass einige Menschen zu dieser Zeit Afrika verlassen hatten. (Hublin, 2016/2017)

In dieser Arbeit liegt das Hauptinteresse darauf, wann moderne Menschen erstmals Europa erreichten und sich ausbreiteten. Dies geschah vermutlich vor ca. 45.000 Jahren.

Diese Zeit war geprägt von schnellen und häufigen Klimaschwankungen, die eine rasche Anpassung der modernen Menschen an die sich ständig wechselnden Bedingungen erforderte. Generell war es wärmer als vorher, jedoch weniger warm als heute. (Kozłowski, 2005; Hublin, 2016/2017) Die ältesten fossilen Überreste eines modernen Menschen in Europa stammen aus einer Fundstelle in Südosteuropa, dem Höhlensystem Peștera cu Oase und werden auf ein Alter von ca. 40.000 calBP¹ datiert. Es handelt sich um den Unterkiefer eines jungen Mannes, der jedoch noch einige archaische Charakteristika aufweist. (Trinkaus et al., 2003; Wood, 2005)

In Europa trafen die **modernen Menschen** auf **die Neandertaler**. Der Übergang von der Mittleren zur Jüngeren Altsteinzeit, als moderne Menschen nach Europa kamen, auf die Neandertaler trafen und begannen, sie abzulösen, stellt zwischen 50.000 und 40.000 calBP das wichtigste Ereignis in Europa dar. Erst in der Jungsteinzeit kam es mit der Entwicklung des Ackerbaus zu einem ähnlich markanten Ereignis in der Urgeschichte. (Hublin, 2016/2017)

Das Zusammentreffen blieb nicht ohne Folgen, moderne Menschen und Neandertaler vermischten sich. Die genetische Untersuchung des ältesten Fundes von Peștera cu Oase ergab, dass dieser junge Mann 6 - 9% Neandertaler-Gene in sich trug. Es war also 4 - 6 Generationen vorher zu einer Vermischung zwischen Neandertalern und modernen Menschen gekommen.

Auch wenn die Neandertaler ausgestorben sind, so hinterließen sie dennoch aufgrund ihrer Vermischung mit den modernen Menschen mehr oder weniger genetische Spuren in modernen Menschen. Die Gene der Neandertaler stellten lokal für besondere Umweltbedingungen einen Selektionsvorteil dar und betrafen vor allem die Pigmentierung der Haut und das Immunsystem sowie die Anpassung an Lebensräume mit weniger Sauerstoff (z.B. im Hochgebirge). Der Anteil dieser Gene im modernen menschlichen Genom liegt je nach Individuum bei ca. 1 - 2% und nimmt stetig ab. (Hublin, 2016/2017)

¹ Zur Datierung von Funden wurde ursprünglich die C14-Methode verwendet. Nachdem sich herausgestellt hatte, dass C14-Jahre nicht exakt den Kalenderjahren entsprechen, wurden sie durch andere Datierungsmethoden kalibriert. Aus diesem Umstand ergibt sich die Bezeichnung „calBP“. (Details zu Datierungsmethoden siehe Kapitel 1.2.3.)

Nordafrika wurde in der Folge wieder von modernen Menschen, die sich mit den Neandertalern vermischt hatten, besiedelt, weshalb sich in der dort lebenden Bevölkerung noch immer Gene der Neandertaler finden lassen, nicht jedoch südlich der Sahara. Dieser Gen-Fluss zurück nach Afrika ereignete sich vermutlich vor mehr als 12.000 Jahren. (Sanchez-Quinto et al., 2012)

Möglicherweise erfolgte diese teilweise Rückwanderung während des letzten glazialen Maximums (siehe Kap.1.2.2) über Italien und Sizilien nach Nordafrika, da der Meerspiegel tiefer lag und der Kanal von Sizilien schmaler und daher leichter zu überwinden war. (Hublin, 2016/2017)

Es gilt also als erwiesen, dass Neandertaler und moderne Menschen aufeinandertrafen und sich genetisch vermischten. Wie dieses Zusammentreffen aber genau aussah, inwiefern es neben dem genetischen auch einen kulturellen Austausch zwischen Neandertalern und modernen Menschen gab und ob moderne Menschen „Schuld“ am Aussterben der Neandertaler tragen, oder dieses auf Änderungen der Umweltbedingungen (z.B. Klima) zurückzuführen ist, stellt bis heute eine der interessantesten Fragen der Urgeschichte dar. (Wood, 2005; Hublin, 2016/2017)

Möglicherweise ist das Aussterben der Neandertaler tatsächlich auf die starken Klimaschwankungen zurückzuführen, an die sie sich anzupassen nicht in der Lage waren. Moderne Menschen waren dazu offensichtlich in der Lage und konnten sich ungehindert auf dem gesamten Kontinent ausbreiteten. (Hublin, 2016/2017)

Jüngste Neandertaler-Funde in St. Césaire/Frankreich aus der Châtelperronien-Kultur deuten jedenfalls darauf hin, dass es vor mehr als 40.000 Jahren einen kulturellen Austausch zwischen den beiden Menschengruppen gab. Artefakte, die während der Châtelperronien-Kultur (vor ca. 40.000 Jahren), einer sogenannten „Übergangskultur“, die aufgrund von stratigraphischen Untersuchungen eindeutig den Neandertalern zugeordnet werden kann, hergestellt wurden, zeigen deutliche Einflüsse der modernen Menschen. (Hublin et al., 2012; Hublin, 2016/2017)

„Aufgrund der Datierungsergebnisse gehen wir davon aus, dass Neandertaler komplexe Knochenwerkzeuge und Schmuck erst produzierten, nachdem moderne Menschen diese neuen Verhaltensweisen in Westeuropa eingeführt hatten. Sehr wahrscheinlich standen die beiden Menschengruppen vor mehr als 40.000 Jahren in kulturellem Austausch.“ (Hublin et al., 2012)

Die **Besiedelung Europas durch moderne Menschen** ereignete sich in zwei Wellen, die erste Welle führte ca. 50.000 calBP - 44.000 calBP vom Vorderen Orient nach Osteuropa, die zweite Welle 47.000 - 39.000 calBP vom Vorderen Orient entlang des Mittelmeeres bis nach Westeuropa (siehe Abb. 8). (Hoffecker, 2009; Hublin, 2016/2017)

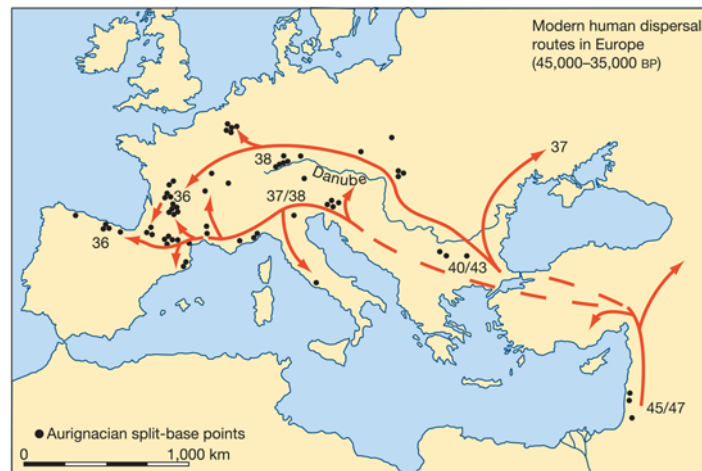


Abbildung 8: zwei Wellen der Einwanderung (zeitlich BP, nicht kalibriert, daher zu jung eingeschätzt, Zeitangaben siehe Kap. 1.2.3) (Mellars, 2004)

Mit den neuen Menschen kamen auch neue Kulturen nach Europa bzw. entwickelten sich in der Folge in Europa weiter. Die Zuordnung zu einer Kultur erfolgt in erster Linie nach der Form der Steinwerkzeuge. Andere kulturelle Erscheinungen wie z. B. die Kunst, die sich mit der Ankunft des modernen Menschen zu entwickeln begann, lassen sich nicht so eindeutig zuordnen und klassifizieren. (Hublin, 2016/2017)

Die erste Kultur der neu in der **Mittleren bzw. Jüngeren Altsteinzeit** eingewanderten modernen Menschen wird als **Aurignacien** (Beginn des Aurignacien vor ca. 40.000 Jahren) bezeichnet. Während dieser Zeit fand die Ablösung der Neandertaler durch die modernen Menschen statt. Jüngste Untersuchungen in Frankreich haben gezeigt, dass es während dieser Ablösung zu einem starken Anstieg der Bevölkerungszahl (möglicherweise um das Zehnfache) kam. Während die Bevölkerungsdichte zur Zeit der Neandertaler eher als gering eingeschätzt wird, stieg sie mit Ankunft der modernen Menschen also rasch an. Dieser Umstand hat möglicherweise mit dazu beigetragen, dass die Neandertaler ausstarben und durch den modernen Menschen ersetzt wurde. (Mellars and French, 2011)

Die Kulturen der modernen Menschen waren nicht mehr auf Steinwerkzeuge begrenzt, es gab Schmuck, Kunst- und andere Gebrauchsgegenstände z.B. aus Elfenbein.

Das auf das Aurignacien folgende **Gravettien** (vor ca. 35.000 bis 24.000 Jahren; es kam nicht zu einer direkten Ablösung der Kulturen, sondern zu einer zeitweisen Überlappung) ist vor allem für seine Frauenfiguren bekannt. In diese Zeit gehört z.B. die Venus von Willendorf.

Im anschließenden kurze **Solutréen** (vor ca. 24.000 bis 20.000 Jahren) wurde das letzte glaziale Kältemaximum (siehe Kapitel 1.2.2) erreicht. Die Menschen zogen sich in den Süden, nach Spanien, zurück, wo sich die meisten Fundstellen aus dieser Zeit befinden. Aus dieser Zeit stammt der erste Nachweis von Distanz-Jagd Waffen wie der Speerschleuder.

Das **Magdalénien** (vor ca. 20.000 bis 12.000 Jahren) war gekennzeichnet von der Rückkehr der Menschen nach Mitteleuropa. Die Kultur des Magdalénien war weit verbreitet, was auf eine hohe Mobilität und ein gutes Kommunikationsnetz schließen lässt. (Terberger, 2014)

Auf das Magdalénien folgte die Kultur des **Azilien bzw. der Federmesser-Gruppen** (vor ca. 12.000 bis 10.000 Jahren). Diese gilt als die große Zeit der Waldjäger. Die Menschen lebten, so wie ihre Vorfahren und auch noch eine gewisse Zeit ihre Nachfahren, als Jäger und Sammler. (Terberger, 2014)

In der anschließenden **Mittelsteinzeit** (vor ca. 10.000 Jahren), am Beginn des Holozäns, gab es in Europa schon weiträumige Netzwerke und Tauschverbindungen (z.B. für Schmuck aus Schneckenhäusern). Die sesshafte Lebensweise (Ackerbau und Viehzucht) begann sich vom Vorderen Orient aus vor ca. 10.000 Jahren nach Europa auszubreiten und erreichte in der **Jungsteinzeit (Neolithikum)** ganz Europa. (Terberger, 2014)

Diese sogenannte **neolithische Revolution** (der Begriff wurde von Gordon Childe geprägt (Trigger, op. 1980)) oder **Neolithisierung** stellt eine weitere wichtige Zäsur in der Urgeschichte dar und lässt sich in seiner Bedeutung mit der Ablösung der Neandertaler durch die modernen Menschen vergleichen. (Hublin, 2016/2017)

Es existieren Theorien, die besagen, dass die Verbreitung der sesshaften Lebensweise mit einer relativ gleichmäßigen Geschwindigkeit (1km/Jahr, 600km²/Generation, 1% Bevölkerungswachstum/Jahr) stattgefunden hätte. (Ammerman and Cavalli-Sforza, 1984)

Dem sind jene Ansätze entgegenzuhalten, die besagen, dass sich unter anderem Klimaveränderungen und daraus resultierende Umweltveränderungen (z.B. der Vegetation) stark auf die Neolithisierung ausgewirkt hätten und man nicht mehr von einer gleichmäßigen Ausbreitung ausgehen könne. (Berger and Guilaine, 2009; Weninger et al., 2009)

Ein weiterer möglicher Einflussfaktor, der die Ausbreitung verzögert haben könnte, ist das Ausharren bzw. der Widerstand von Jäger- und Sammlerkulturen gegen die neue Lebensweise. (Berger and Guilaine, 2009)

Während man ursprünglich annahm, dass die Kulturen der Jäger und Sammler kurze Zeit nach Ankunft der Landwirtschaft verschwunden seien, zeigen neuere genetische Untersuchungen, dass beide Gesellschaftsformen ca. 2000 Jahre parallel existiert haben. (Bollongino et al., 2013)

Wahrscheinlich vermischten sich schließlich einwandernde Bauern mit Jägern und Sammlern, die die Lebensweise der Bauern übernahmen. Die neue Lebensweise brachte ein Bevölkerungswachstum mit sich. (Galeta et al., 2011; Terberger, 2014)

Bäuerliche Kulturen gab es in Griechenland ab dem Ende des 7. Jahrtausends v. Chr., ab 6000 v. Chr. auf dem Balkan. (Terberger, 2014)

Während der Ausbreitung der Jungsteinzeit in das übrige Europa (siehe Abb. 9) entwickelten sich verschiedene Kulturen: die wichtigsten darunter sind die Linienbandkeramische Kultur im Donauraum ab ca. 5500 v. Chr. (grünlich) und die Cardial- oder Impressokultur im Mittelmeerraum ab 6000 v. Chr. (bläulich). Die Namen leiten sich von der Art der Verzierungen auf Keramikgefäßen ab. (Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Leibniz-Forschungsinstitut für Archäologie, 2016)

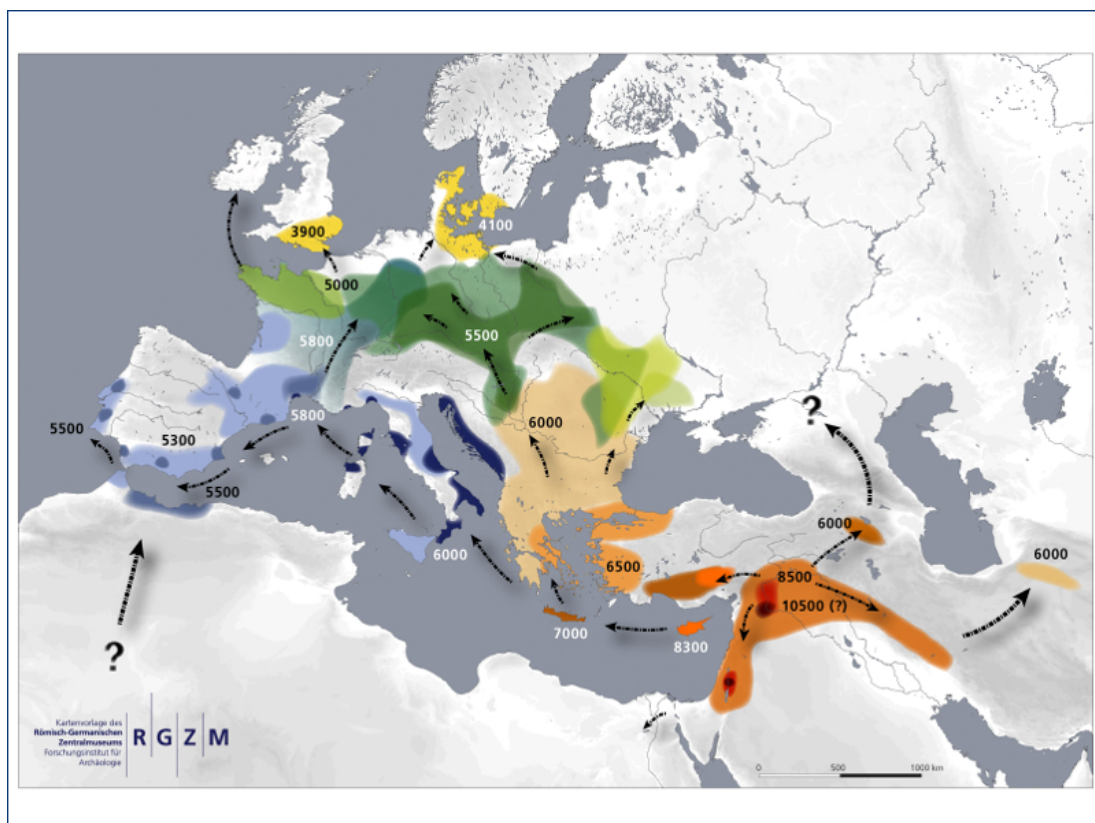


Abbildung 9: Ausbreitung Jungsteinzeit mit verschiedenen Keramikulturen (Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Leibniz-Forschungsinstitut für Archäologie, 2016)

1.2.2 Klima und Umwelt in der Urgeschichte

Klima und vom Klima abhängende Umweltbedingungen wie Vegetation gelten als wichtige Faktoren, um Wanderungsbewegungen von Menschen zu erklären. Möglicherweise waren Änderungen der Klimaverhältnisse auch der Grund für die erste und die folgenden Auswanderungen aus Afrika. (Hublin, 2016/2017)

Im gegenständlichen Kapitel soll nur ein grober Überblick über das Klima vor allem während der Besiedelung durch Hominini gegeben werden. Detaillierter wird es behandelt, wenn es bei den praktischen Beispielen von Relevanz bzw. zur Beantwortung einer Fragestellung nötig ist.

Für die Rekonstruktion des Klimas können ab ca. 200 Millionen Jahren vor heute sogenannte Proxys (siehe Begriffserklärungen) herangezogen werden. Für die Zeit davor kann man nur Modellrechnungen anstellen. (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016b)

Je näher die untersuchte Zeit der Gegenwart ist, desto genauer werden die Ergebnisse der Klimarekonstruktion. (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016b, 2016a)

Je nach Zeitepoche werden für die Klimarekonstruktion verschiedene Proxys verwendet:

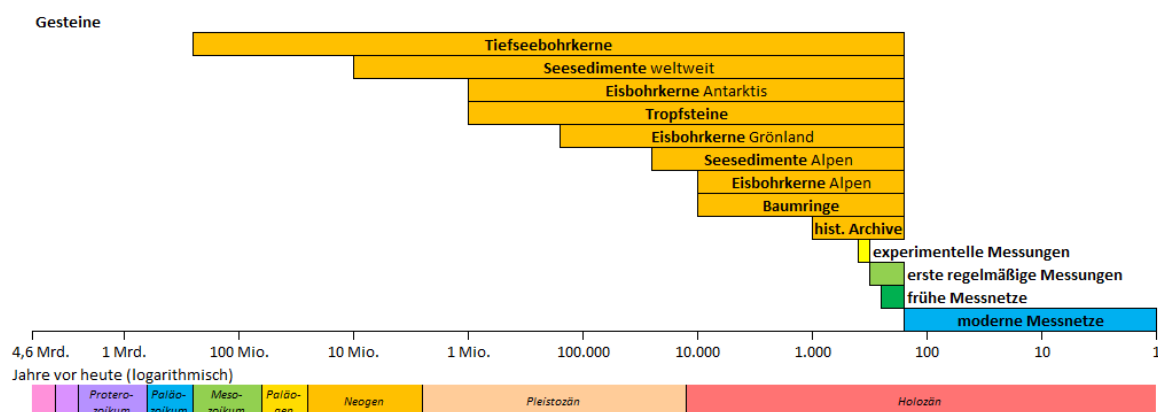


Abbildung 10: Klimarekonstruktion (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016b)

Tiefseebohrkerne: Untersuchung maritimer Sedimente

Seesedimente: Untersuchung von Sedimenten in Seen

Eisbohrkerne: Analyse des Verhältnisses von schweren und leichten Isotopen des Sauerstoffs in Luftbläschen im Eis

Tropfsteine: chemische Untersuchung von Stalaktiten und Stalagmiten

Baumringe: Auszählen von Baumringen und Vergleichen von Baumringmustern (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016b)

Das Klima war während der Geschichte der Erde ständig z.T. starken Schwankungen unterworfen. Es kam zu einem Wechsel von langen wärmeren und kälteren Phasen (siehe Abb. 11).

Vor 5 Millionen Jahren begann das jetzige Eiszeitalter mit häufigen und einschneidenden Schwankungen zwischen Kaltzeiten (Glazialen, umgangssprachlich Eiszeiten) und Warmzeiten (Interglazialen, Zwischeneiszeiten).

„Alles in allem war und ist – gegenwärtig herrscht eine Zwischeneiszeit, keine Nach-eiszeit – das Pleistozän eine sehr unruhige Klimaperiode, gekennzeichnet durch sowohl räumlich als auch zeitlich größere Differenzierung und Variabilität.“ (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016a)

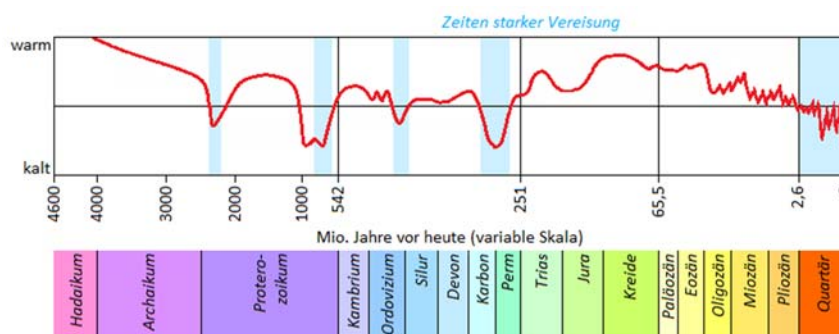


Abbildung 11: Temperatur der gesamten Erdgeschichte (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016a)

Der Homo antecessor lebte vermutlich in der Waal-Warmzeit, in der es zu häufigen Temperaturschwankungen kam. (The Australian Museum, 2019)

Die Besiedelung Europas durch den Homo heidelbergensis ist der „Maurer Waldzeit“, auch einer eher wärmeren Phase, zuzuordnen, während die Neandertaler eher den Kaltzeiten zuzuordnen sind. Ihr Körperbau war an die Kaltzeit angepasst, es gab jedoch einen erheblichen Nord-Süd-Unterschied, im Süden herrschte auch in Kaltzeiten gemäßigtes Klima, und die Neandertaler vermochten daher sowohl in kalten als auch in wärmeren Zeiten zu überleben. (Terberger, 2014)

Die letzte Kaltzeit des derzeitigen Eiszeitalters begann vor ca. 110.000 Jahren und dauerte bis zur Erwärmung des Klimas im Holozän:

„Die jüngsten 125.000 Jahre der Erdgeschichte waren vom Wechsel der Eem-Warmzeit in die Würm-Kaltzeit und zurück in die aktuelle Holozän-Warmzeit gekennzeichnet. Im Würm herrschte vor allem in der Arktis, im Nordatlantik und in Europa ein sehr unruhiges Klima mit häufigen sprunghaften Wechseln zwischen warmen und

kalten Abschnitten, die Dansgaard-Oeschger-Ereignisse genannt werden.“ (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016a)

Das vorletzte glaziale Maximum, in dem weite Teile Europas von einer Eisschicht bedeckt waren, wurde vor ca. 65.000 Jahren erreicht. (van Andel and Aiello, 2003)

Als moderne Menschen vor ca. 40.000 Jahren in der **Mittleren- bzw. Jüngeren Altsteinzeit** (im **Aurignacien**) Europa besiedelten, war das Klima wärmer als vorher, jedoch weniger warm als heute (Hublin, 2016/2017), es war geprägt von starken Schwankungen in einem schnellen Rhythmus, der die Menschen zwang, sich an die verschiedenen und sich ständigen ändernden Klimabedingungen anzupassen. (Kozłowski, 2005)

Im **Gravettien** verschlechterte sich das Klima bis zum letzten Kältemaximum vor 23.000 Jahren. Es gilt als Kultur der Eiszeitjäger. (Terberger, 2014; Ahlrichs, 2016)

Im **Solutréen** war das Kältemaximum erreicht, 3000 m hohe Gletscher bedeckten Europa im Norden, der Meeresspiegel lag 120 m tiefer als heute (das Wasser war in den Gletschern gebunden). Die Bevölkerung hatte sich aus Mitteleuropa zurückgezogen. Dies beweisen die zahlreichen Funde in Südwesteuropa (Spanien) in dieser Epoche. (Terberger, 2014)

Der Nordwesten Europas war während des letzten Kältemaximums von arktischer Tundra bedeckt, weiter südlich gab es eine spärlich bewachsene Kräutersteppe (siehe Abb. 12). Südeuropa war nur dünn bewaldet. (Terberger, 2014)

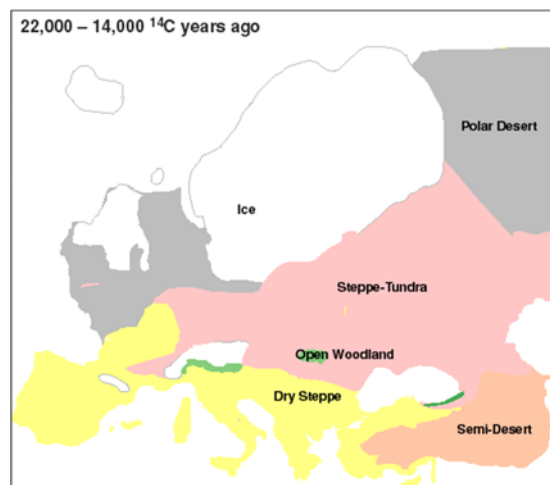


Abbildung 12: Vegetation Kältemaximum (Adams, 2016)

Die Klimabedingungen im **Magdalénien** erlaubten eine Rückkehr der Bevölkerung nach Mitteleuropa. (Langlais et al., 2012; Miller, 2012)

Vor 20.000 Jahren begannen die Eisgletscher, die große Teile Europas bedeckt hatten, abzusmelzen. Es war zwar noch kühl, es wurde jedoch allmählich wärmer. Unterbrochen wurde diese Phase durch das sogenannte Heinrich-Event 1, eine kalte Zwischenphase. Bei einem Heinrich-Event kommt es, z.B. durch Schmelzen von Eisbergen während einer Warmzeit, zu einem ungewöhnten Süßwasserzufluss in den Nordatlantik, wodurch der Golfstrom abgeschwächt wird und die Temperaturen in Europa sinken. (Spektrum Akademischer Verlag, 2016)

Die anschließende Phase war durch schnellen Temperaturanstieg gekennzeichnet und wird als Prä-Bölling-Alleröd bezeichnet. Im darauffolgenden Bölling kam es zu einer weiteren Erwärmung. Es folgte in der anschließenden älteren Dryas ein kühler Zwischenabschnitt. Im sogenannten Alleröd wurde es wieder wärmer. Es kam zu einer langsamen Ausbreitung zuerst von Wacholder und Birken, dann von Kiefern im Norden. Im Süden entstand aus der dünnen Bewaldung der erste „richtige“ Wald. Es gab die ersten Waldjäger. In der Jüngeren Dryas schließlich wurde es wieder kälter. Der Wald im Süden blieb erhalten, im Norden kam es aufgrund des kalten und trockenen Klimas zu einem Rückgang der Bevölkerung. (Terberger, 2014)

Zum Ende des **Magdalénien** kam es zu einer deutlichen Erwärmung. (Terberger, 2014)

Eine Modellierung für die Zeit von vor 30.000 bis 13.000 Jahren (siehe Abb. 13) zeigt die Bevölkerungsdichte Europas in verschiedenen Phasen vor und nach dem letzten glazialen Maximum. Man geht davon aus, dass es einen starken Zusammenhang zwischen Klima und Bevölkerungsdichte der Jäger und Sammler gab. (Tallavaara et al., 2015)

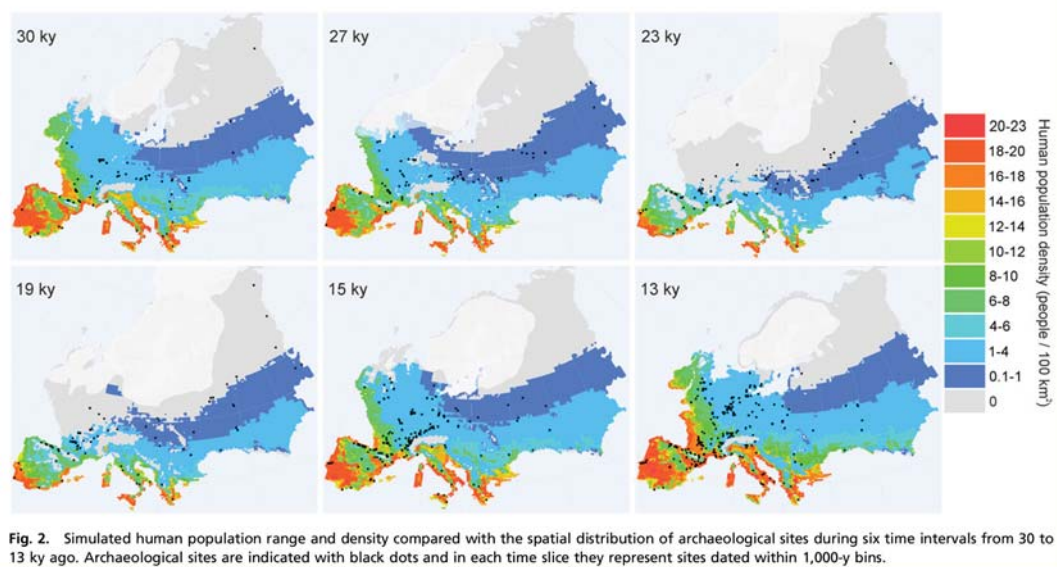


Abbildung 13: Modellierung der Bevölkerungsdichte vor und nach dem letzten Kältemaximum (Tallavaara et al., 2015)

Das Klima spiegelt sich auch in der steinzeitlichen Kunst (z.B. Höhlenmalereien, siehe Abb. 14 und 15) wider: während der kalten Perioden wurden beispielsweise Mammuts, Wollnashörner, Moschusochsen und Rentiere dargestellt, während wärmerer Phasen Pferde, Wisente, Auerochsen und Hirsche. (Delluc and Delluc, 2006)



*Abbildung 14: Mammut in der Höhle von Rouffignac (Bradshaw Foundation, 2017),
älter als 14.000 Jahre*



*Abbildung 15: Pferd aus der Höhle von Niaux (Bradshaw Foundation, 2017),
ca. 13.500 bis 12.500 Jahre alt*

In der **Mittelsteinzeit** kam es zu einer weiteren Erwärmung, die sich in der **Jungsteinzeit** fortsetzte. Es blieb mit einigen Unterbrechungen warm. (Terberger, 2014)

Auch nach der Eiszeit kam es also noch zu signifikanten schnellen Klimaänderungen, die durch polare Abkühlung, tropische Trockenheit und Änderungen der atmosphärischen Strömungen gekennzeichnet waren. Einige dieser Klimaveränderungen fielen mit Einschnitten in der Zivilisation zusammen, was die Bedeutung des Klimas für die Menschheit belegt. (Mayewski et al., 2004)

Auch wenn man in der Urgeschichte zunehmend davon ausgeht, dass der Mensch aufgrund seiner Anpassungsfähigkeit nicht „hilflos“ den Klimaverhältnissen ausgesetzt war (wovon der Ökodeterminismus ausgeht) (Doneus, 2013), so kann man doch annehmen, dass der Mensch zu der Zeit, als er noch Jäger und Sammler war, sich weniger leicht vor ungünstigen Klimaeinflüssen schützen konnte, da es noch keine festen Behausungen (außer Höhlen) gab.

Basierend auf dem Gehalt an Sauerstoff-Isotopen in den Tiefseebohrkernen (sie spiegeln Wachstum und Schmelze der Eisdecken wider) werden die Klimaphasen auch in sogenannte Sauerstoff-Isotopenstufen (siehe Abb. 16) eingeteilt. (Holt, 2015)

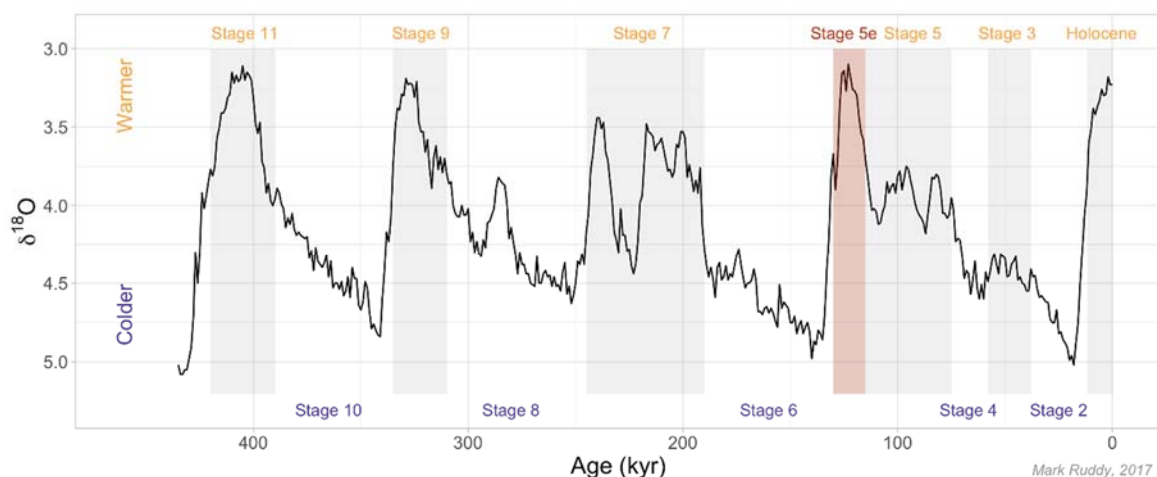


Abbildung 16: Sauerstoff-Isotopenstufen (Stages) (Ruddy, 2018)

1.2.3 Quellen und Datierung

In der Geschichte unterscheidet man zwischen **Primär- und Sekundärquellen**. Da für die Urgeschichte keine schriftlichen Quellen (sogenannte Sekundärquellen) vorliegen, können die Lebensumstände der Steinzeit nur anhand von Primärquellen rekonstruiert werden. (Mölders, 2014)

Als Primärquellen der Urgeschichte gelten:

Biofakte: Überreste von Pflanzen, Tieren oder Menschen wie z.B. Fossilien, aber auch deren versteinerte Spuren und auch Pollen.

Artefakte: z.B. von Menschen hergestelltes Steinwerkzeug, Kunstgegenstände wie die Venus von Willendorf oder auch Schmuck.

Geofakte: unbearbeitete Steine. (Eggert, 2012; Mölders, 2014)

Für die **Datierung** der Primärquellen gibt es prinzipiell zwei verschiedene Datierungsmethoden. Bei der **relativen Datierung** kann nur festgestellt werden, ob ein Fundstück älter ist als das andere (z.B. bei stratigraphischen Untersuchungen). Die **absolute Datierung** ermöglicht die exakte Altersbestimmung (mit naturwissenschaftlichen Methoden) von Funden. (Südwestrundfunk, 2017)

Zu Datierung von Fundstücken werden je nach vermutetem Alter und Beschaffenheit des Untersuchungsobjektes unterschiedliche Datierungsmethoden herangezogen. (Ahlrichs, 2015; Spektrum Akademischer Verlag, 2017)

Hier eine Übersicht der wichtigsten Datierungsmethoden und ihres zeitlichen Einsatzbereiches:

Tabelle 3: absolute Datierungen (Südwestrundfunk, 2017), eigene Bearbeitung

Methode	Zeitraum	Funktionsweise
C-14	< 50.000 Jahre	Radioaktiver Zerfall
Uran-Blei-Methode	100.000 - mehrere Milliarden Jahre	Radioaktiver Zerfall
Kalium-Argon-Methode	100.000 - mehrere Milliarden Jahre	Radioaktiver Zerfall
Argon-Argon-Methode	2000 - mehrere Milliarden Jahre	Radioaktiver Zerfall
Thermo-Lumineszenz-methode	1.000 - 100.000 Jahre	Erhitzen eines Objektes, Messung der daraus entstehenden Lumineszenz
Dendrochronologie	< 12.500 Jahre	Auszählen von Baumringen und Vergleichen von Baumringmustern
Aminosäuredatierung	< 25.000 Jahre	Vergleich von Aminosäuren in L- und D-Form

Tabelle 4: relative Datierungen (Südwestrundfunk, 2017), eigene Bearbeitung

Methode	Zeitraum	Funktionsweise
Geologische Schichtung - Stratigraphie	>10.000 Jahre	Abfolge von Funden in stratigraphischen Schichten
Leitfossilien		Typische Vertreter der Flora oder Fauna einer Zeit
Magnetische Polarität		Umpolungen des Magnetfeldes der Erde
Fluor-Test		Umwandlung von Calciumphosphat in Fluor-Apatit in Knochen und Zähnen

Datierungen in der Urgeschichte können auf unterschiedliche Arten erfolgen. Ab einem gewissen Alter sind die Unsicherheiten, was das tatsächliche Alter z.B. eines Fundstückes angeht, so groß, dass man getrost „vor 200.000 Jahren“ sagen kann, ohne dass man sich auf einen spezifischen Bezugspunkt (vor heute, v. Chr.) festlegen müsste. Für jüngere Epochen ist es sinnvoll, auf die genaue Unterscheidung v. Chr. (BC) oder vor heute (BP) zu achten. „Heute, Present“ steht dabei für das Jahr 1950. Dieses Jahr wurde gewählt, da sich danach aufgrund der durchgeführten Atomtests zu große Ungenauigkeiten ergeben (die Atmosphäre wurde durch die Tests künstlich mit C14 angereichert (AMS lab Beta, 2015)).

Die wichtigste Datierungsmethode für den Zeitraum der Besiedelung Europas durch den Menschen stellt die **C14 (oder 14C)-Methode** dar. Sie erlaubt Datierungen von Fossilien bis zu einem Alter von 45.000 - 50.000 Jahren.

Das Prinzip der C14-Methode beruht darauf, dass lebende Organismen das sehr seltene instabile radioaktive C14-Isotop zu Lebzeiten aus der Atmosphäre aufnehmen. Nach dem Tod eines Organismus beginnt das C14-Isotop durch seinen Zerfall kontinuierlich abzunehmen. Durch die Halbwertszeit von 5700 +/- 40 Jahren ließ sich das Alter von Funden daher sehr genau bestimmen. Man ging davon aus, dass der C14-Gehalt in der Atmosphäre in den letzten 100.000 Jahren gleichgeblieben sei und setzte die sogenannten C14-Jahre den Kalenderjahren gleich. Als Bezugspunkt für die übliche C14-Altersangabe BP (Before Present) wurde das Jahr 1950 als Beginn der C14-Datierung verwendet.

Seit 1950 konnte jedoch durch verschiedene andere Datierungsmethoden (z.B. Dendrochronologie) festgestellt werden, dass die C14-Datierung nicht den Kalenderjahren entspricht (man spricht in der Folge von sogenannten C14-Jahren), da der C14-Gehalt der Atmosphäre in den letzten 100.000 Jahren offensichtlich doch nicht konstant war. Man begann die C14-Jahre mit anderen

Datierungsmethoden zu kalibrieren und entwickelte Kalibrationskurven (siehe Abb. 17), die eine Umrechnung von C14-Jahren (BP) in Kalenderjahre ermöglicht (calBP). Erst vor wenigen Jahren war es möglich, diese Kalibrationskurve von einem Alter von 25.000 Jahren auf ein Alter von 50.000 Jahren auszudehnen. (Hublin, 2016/2017; Spektrum Akademischer Verlag, 2017)

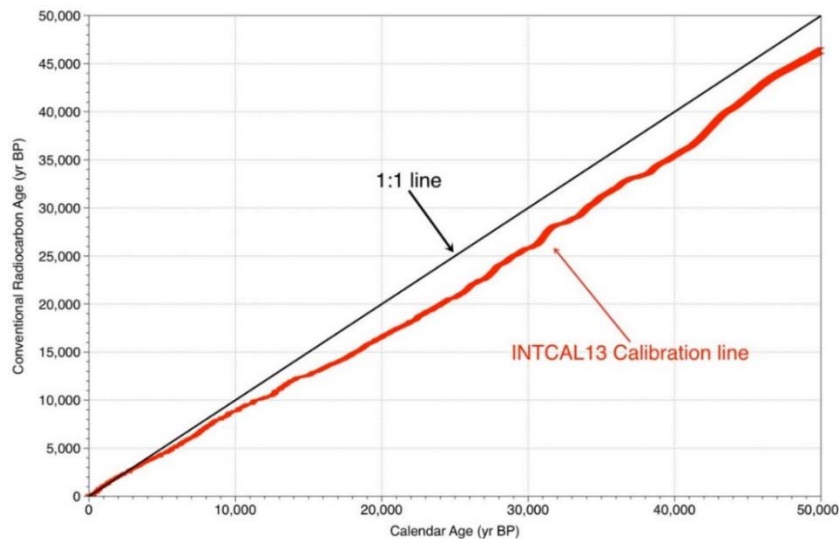


Abbildung 17: Kalibrationskurve zur Umrechnung von C14- in Kalenderjahre (Reimer, 2013)

Die Unterschätzungen des Alters von Funden durch die ursprüngliche Datierung führte dazu, dass beispielsweise Funde, die ursprünglich auf ein Alter von 35.000 BP datiert waren, auf ein Alter von ca. 40.000 calBP umdatiert werden mussten. Viele Fundobjekte mussten aufgrund der Umdatierung neu klassifiziert und einer anderen steinzeitlichen Epoche zugeordnet werden. (Ahlrichs, 2016; Hublin, 2016/2017; Spektrum Akademischer Verlag, 2017)

Es ist also darauf zu achten, dass, insbesondere wenn für Untersuchungen Daten aus verschiedenen Quellen herangezogen werden, die Datierung überprüft und gegebenenfalls eine Umrechnung bzw. Kalibrierung durchgeführt wird.

1.3 Kartographie und Geographische Informationssysteme (GIS) in der Urgeschichte

1.3.1 Kartographie

„Die Kartographie ist ein Fachgebiet, das sich befasst mit dem Sammeln, Verarbeiten, Speichern und Auswerten raumbezogener Informationen sowie in besonderer Weise mit deren Veranschaulichung durch kartographische Darstellungen.“ (Hake et al., 2002)

Auf die Bedeutung der Geographie und Kartographie für die Archäologie und Urgeschichte wurde bereits in der Einleitung dieser Arbeit eingegangen.

Lange bevor GIS zur Klärung urgeschichtlicher Fragen eingesetzt wurden, wurden Karten im Zusammenhang mit der Urgeschichte verfasst. Es geht in diesen Karten vor allem um die Visualisierung von urgeschichtlichen Begebenheiten, doch können aus den Karten, sofern sie gut gestaltet sind, auch neue Erkenntnisse beispielsweise über räumliche Zusammenhänge gewonnen werden und damit Grundlage für neue Fragestellungen werden. (Droß, 2006)

*„**Karten** sind verkleinerte, vereinfachte Grundrisse der Erdoberfläche oder von Teilen derselben, ergänzt durch Eintragungen der verschiedensten, an die Erdoberfläche gebundene Vorkommnisse und Erscheinungen. (Der Ausdruck »Grundriß« besagt, daß es sich um konstruktiv-zeichnerische, lotrechte Parallelprojektionen auf horizontale Bildebenen handelt. Die Netz- resp. Gebietsverzerrungen infolge der Verebnung der Erdkugeloberfläche ändern nichts am grundrißlichen Charakter der Darstellung).“ (Imhof, 1972)*

Man unterscheidet grundsätzlich topographische und thematische Karten.

Topographische Karten enthalten generell die sogenannte „Situation“ und beschreiben die Oberfläche und Gliederung eines Geländes und beinhalten die Bodenbedeckungen und das Relief, Siedlungen, Verkehrswege, Gewässer sowie zumeist auch die Grenzen. (Imhof, 1972; Spektrum Akademischer Verlag, 2014e)

Thematische Karten enthalten Gegebenheiten nicht-topographischer Art, die jedoch einen eindeutigen räumlichen Bezug aufweisen. Es kann sich dabei um materielle (z.B. Rohstoffvorkommen) wie auch immaterielle Dinge (z.B. Verbreitung von Religionszugehörigkeiten) handeln. (Imhof, 1972)

Diese Unterscheidung ist nicht absolut logisch, da auch topographische Karten thematische Inhalte haben. (Rigos, 2014)

„Die Scheidung in »topographische« und »thematische« Karten entspringt mehr einem praktischen Gliederungsbedürfnis als strenger begrifflicher Logik; denn auch die »Topographie« ist ein Thema und auch die thematische Karte enthält in der Regel topographische Elemente. Die Bezeichnung »thematisch« könnte für alle Karten und somit auch für diejenigen topographischen Charakters Anwendung finden. Diese letzteren aber bilden so sehr die räumliche Voraussetzung und Basis für alle anderen Karteninhalte, daß es gerechtfertigt erscheint, sie auszuklammern und in einer eigenen großen Gruppe zusammenzufassen.“ (Imhof, 1972)

Karten in der Urgeschichte sind den **thematischen Karten** zuzuordnen, auch wenn sie in besonderer Weise topographischer Elemente wie z.B. der Geländeform bedürfen. (Imhof, 1972; Kowanda and Heynowski, 2011)

Die Gestaltung urgeschichtlicher Karten orientiert sich daher an den Gestaltungsgrundsätzen, die für die thematische Kartographie erarbeitet wurden.

Imhof erarbeitete generelle Gestaltungsregeln für die thematische Kartographie, die uneingeschränkt für Karten der Urgeschichte gelten, soll maximale Erkenntnis gewonnen werden können:

„Zwischen den darzustellenden Vorkommnissen oder Geschehnissen in der Wirklichkeit und ihren graphischen Ausdrucksformen sollen sinngemäße, leicht erkennbare, leicht deutbare Beziehungen bestehen. Um diesem Ziele möglichst nahe zu kommen, halte man sich an die folgenden allgemeinen Empfehlungen:

1 Wesentliches, Gewichtiges, Intensives ist graphisch hervorzuheben, Unwesentliches oder Extensives aber zurückzudrängen. Dies kann geschehen durch Variation der Figurendimensionen, Figurenmengen, der Strichstärken, der Farbintensitäten.

2 Gleiches soll figürlich und farblich gleich, Ähnliches, Verwandtes (Familien- oder Gruppenglieder) figürlich und farblich ähnlich sein. Ungleiches, Unähnliches oder gar Gegensätzliches soll auch graphisch ungleich, unähnlich oder gegensätzlich erscheinen. Solches klingt sehr selbstverständlich, wird aber oft nicht befolgt.

3 Stetige Übergänge sollen auch graphisch durch möglichst stetige Übergänge charakterisiert werden. Unstetiges, Sprunghaftes oder stufenartige Gliederungen sollen auch in der Karte entsprechend gestaltet werden.

4 Unsichere, unbestimmte Dinge sollen auch graphisch den Eindruck des Unbestimmten machen. Man erreicht dies z. B. durch unterbrochene und sehr generell geführte Abgrenzungslinien oder durch unbestimmte Farbübergänge.

5 Qualitätsunterschiede, d. h. Art- oder Gattungsunterschiede sollen durch Form- und Farbunterschiede der Symbole und durch unterschiedliche, aber möglichst gleichgewichtige Flächentöne zum Ausdruck kommen.

6 Quantitätsunterschiede, d. h. Wert- oder Mengen-Dimensionsabstufungen oder Zeitabstufungen sind durch Abstufungen der Signaturen, der Diagrammwerte und der Intensitäten der Farbtöne darzustellen.

7 Sachgruppierungen und Sachzusammenhänge sollen auch graphisch durch entsprechende Gruppenbildung der Signaturformen und Farben zum Ausdruck gelangen.

8 Der graphische Ausdruck soll nicht mehr zeigen wollen, als der Sache und der Mitteilungsabsicht entspricht. Er soll nicht Genauigkeiten oder Aufgliederungen oder Lagezuordnungen vortäuschen, die nicht bestehen oder deren Wiedergabe den Kartenzweck überbordnet. Der graphische Ausdruck soll nicht den Inhalt überschreien.

9 Art oder Grad begrifflicher und graphischer Zusammenfassungen oder Generalisierungen sollen innerhalb einer Karte oder Kartengruppe sinnvoll aufeinander abgestimmt sein.“ (Imhof, 1972)

Die Tatsache, dass die urgeschichtliche Karte nicht nur der Visualisierung von Funddaten dient, sondern dass aus ihr auch neue Erkenntnisse gewonnen werden können, formulierte Imhof allgemein für die thematische Kartographie:

„In der thematischen Karte legt der Geograph die Ergebnisse seiner Forschungen nieder, und er gewinnt aus ihr neue Einsichten.“ (Imhof, 1972)

Je nach dem Informationsgehalt können thematische Karten unterteilt werden in analytische Karten, komplexanalytische und synthetische Karten.

Analytische Karten stellen einzelne Erscheinungen dar. Bei den Karten zur Urgeschichte trifft dies auf Fund- oder Verbreitungskarten zu. Der Begriff „analytisch“ mag in diesem Zusammenhang etwas verwirren und sollte keineswegs mit dem verwechselt werden, was als Endergebnis einer mit einem GIS durchgeführten Analyse dargestellt wird.

Als **komplexanalytische Karten** werden jene bezeichnet, die mehrere Sachverhalte, die meist einen inhaltlichen Zusammenhang aufweisen, darstellen. Die Zusammenschau von Fundstellen

mit der Abgrenzung eines Verbreitungsgebietes (siehe Abb. 7) kann als Beispiel einer solchen komplexanalytischen Karte gelten.

Die **synthetische Karte** bildet bereits Ergebnisse von komplexen Überlegungen oder Analysen ab. In der Urgeschichte können am ehesten die Entwicklungskarten, denen verschiedene Überlegungen und Hypothesen zugrunde liegen können, als synthetische Karten titulierte werden. (Arnberger, 1997)

(Die Darstellung des Ergebnisses einer GIS-Analyse, in die unterschiedliche positiv wie negativ beeinflussende Faktoren einfließen, kann am ehesten als synthetische Karte bezeichnet werden.)

Es soll hier nicht auf alle Detailbereiche der **thematischen Kartographie** eingegangen werden, die wesentlichen Gestaltungsmittel sollen jedoch nicht unerwähnt bleiben.

Die Gestaltungsmittel der thematischen Kartographie sind Punkt, Linie und Fläche als Grundelemente sowie Signatur, Diagramm, Halbton und Schrift als zusammengesetzte Zeichen. (Hake et al., 2002)

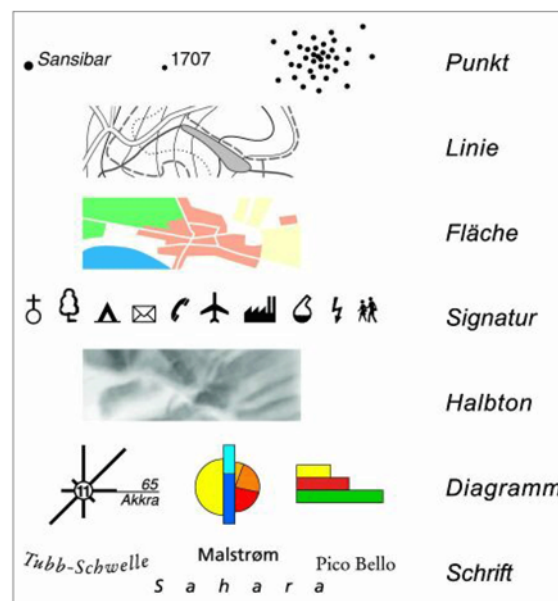


Abbildung 18: Gestaltungsmittel der thematischen Kartographie (Hake et al., 2002)

Jacques Bertin widmete sich der Wahrnehmungstheorie hinsichtlich der Erkennbarkeit von Unterschieden im Zusammenhang mit der kartographischen Gestaltung.

„Bertin untersucht die visuell wahrnehmbaren Variationsmöglichkeiten graphischer Zeichen. Er unterscheidet dabei zwischen acht verschiedenen Variablen: Die Komponenten eines graphischen Zeichensystems werden als visuelle Variablen bezeichnet.“

Diese sind Farbe, Form, Muster, Tonwert, Richtung und Größe; zwei weitere Variablen dienen der Beschreibung der Ebene und gelten als Dimensionen der Ebene.“ (Institut für Kartographie und Geoinformation, 2004)

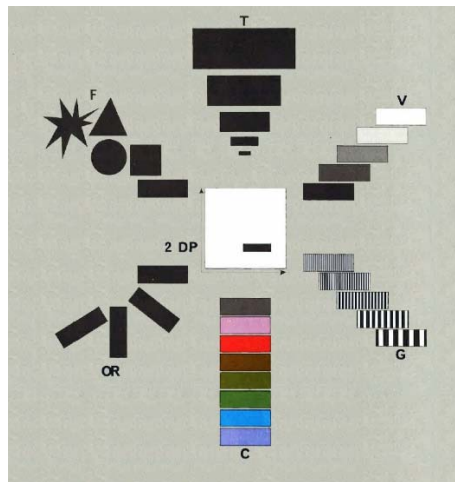


Abbildung 19: die acht Variablen nach Bertin (Bertin, 1999)

LES VARIABLES DE L'IMAGE									
POINTS			LIGNES			ZONES			
XY 2 DIMENSIONS DU PLAN	x	x	x	/	/	/	/	/	≠
Z TAILLE	■	■	■	/	/	/	/	/	≠
VALEUR	■	■	■	/	/	/	/	/	≠
LES VARIABLES DE SÉPARATION DES IMAGES									
GRAIN	■	■	■	/	/	/	/	/	≠
COULEUR	■	■	■	/	/	/	/	/	≠
ORIENTATION	■	■	■	/	/	/	/	/	≠
FORME	■	■	■	/	/	/	/	/	≠

Abbildung 20: die acht Variablen illustriert anhand der Grundelemente (Bertin, 1999)

Auch die Kartographie in der Urgeschichte bedient sich dieser Gestaltungsmittel, um Objekte darzustellen. Objekte haben einen Raumbezug, einen Sachbezug (Attribute, vgl. Attribute in GIS-Objekten) sowie einen Zeitbezug, sie können reale Gegenstände oder Sachverhalte sein. (Hake et al., 2002)

Des Weiteren lassen sich die Objekte in Diskreta und Kontinua unterscheiden. Diskreta können eindeutig abgegrenzt werden, ihre räumliche Darstellung erfolgt entweder über Objektflächen, Verbreitungsflächen (sogenannte „Pseudoareale“ wie z.B. bei einer Verbreitungskarte) oder über Bezugsflächen (zur Ermittlung statistischer Werte wie Einwohnerdichte). Kontinua können nicht eindeutig abgegrenzt werden und haben einen stetigen Verlauf, man unterscheidet reale Kontinua (z.B. die Erdoberfläche) und Kontinua, die auf Modellannahmen beruhen. (Arnberger, 1997; Hake et al., 2002)

Der Sachbezug von Objekten kann qualitativer oder quantitativer Natur sein, letztere wird zumeist in Form von Skalen ausgedrückt (Nominalskala, Ordinalskala, Intervallskala und Ratio-skala). (Hake et al., 2002)

Die zeitliche Komponente ist in der Kartographie am schwersten darzustellen. Es können entweder eine Folge von statischen Momentaufnahmen oder ein dynamisches Verhalten abgebildet werden.

Das Interesse am Zeitbezug richtet sich in vielen Fällen nicht so sehr auf die zeitliche Datierung, sondern mehr auf die räumliche Veränderung, die das Objekt in einem bestimmten Zeitabschnitt erfährt. Dabei geht es entweder um einen Ortswechsel des gesamten Objekts (z.B. Vogelflug, Berufspendler) und die Angabe des dabei benutzten Weges oder nur um eine Änderung der Objektausdehnung (z.B. Küstenlinie, Staatsgebiet). (Hake et al., 2002)

Mit dem Aufkommen von Animationen in der Kartographie konnten schließlich auch Aspekte von Zeit und Veränderung berücksichtigt werden. Es ergab sich die Notwendigkeit, zusätzlich zu den Variablen nach Bertin, weitere Gestaltungsmittel für animierte Kartendarstellungen zu definieren. Es wurden daraufhin sechs „syntaktisch-dynamische“ Variablen erarbeitet: Zeitpunkt der Anzeige (display rate), Dauer einer Anzeige (duration), Veränderungsrate (rate of change), Reihenfolge (order), Anzeigefrequenz (frequency) und zeitliche Übereinstimmung (synchronization) von Szenen einer Animation. (MacEachren, 2004; Lange, 2013; Spektrum Akademischer Verlag, 2014b)

Nicht unerwähnt bleiben soll hier die graphische Minimaldimension von Kartenzeichen, die notwendig sind, damit die Grenzen der menschlichen Wahrnehmung nicht unterschritten werden. Es müssen Mindestwerte hinsichtlich der Größe und des Abstandes von anderen Kartenzeichen einhalten werden, damit die Lesbarkeit einer Karte gewährleistet ist. (Bollmann, 2001-2002)

1.3.1.1 Thematische Karten in der Urgeschichte/Archäologie

Die Fundkarte ist die erste und wichtigste Kartenform, die in der Urgeschichte Verwendung findet. Die Verfasser dieser Karten machten sich früh nicht nur Gedanken über urgeschichtliche Fragestellungen selbst, sondern widmeten sich auch Fragen der Gestaltung der Karten, um aus ihnen größtmögliche Erkenntnis gewinnen zu können.

Menghin² verfasste 1915 einen Artikel, in dem er sich intensiv sowohl mit der Qualität der den Fundkarten zugrunde liegenden Quellen auseinandersetzte als auch Fragen der Gestaltung der Fundkarten, abhängig vom jeweiligen Maßstab, erörterte. Auf dem internationalen Kongress für Anthropologie und Urgeschichte, der 1871 in Bologna stattfand, wurde bereits eine Vereinheitlichung der Legende für urgeschichtliche Karten vorgeschlagen, was eine systematisch vereinheitlichte Klassifizierung der Funde selbst voraussetzte. (Menghin, 1915)

Hans Jürgen Eggers widmete sich in der Mitte des letzten Jahrhunderts intensiv der Methodik der Kartographie in der Urgeschichte und brachte zu dem Thema eine eigene Zeitschriftenreihe („Archaeologia Geographica“) heraus. (Parzinger, 2014)

„Solange es Urgeschichtsforschung gibt, spielt die Karte in ihr eine gewichtige Rolle. Sei es die vollständige „Fundkarte“ aller archäologischen Erscheinungen eines Landes, einer Provinz oder eines Kreises, sei es die „Typenkarte“, die einzelne, zeitlich und gegenständlich eng umgrenzte Formen in ihrer geographischen Verbreitung darstellt, sei es endlich die „schematisierte Karte“, die durch Grenzlinien, Flächenschraffuren, Pfeile usw. urgeschichtliche Erscheinungen zur Darstellung bringt.“ (Eggers, 1950)

Während diese Karten vor allem der Visualisierung von Forschungsergebnissen dienen und damit am Ende einer Gedankenkette stehen, versuchte Eggers, mit Einführung der „vergleichenden geographisch-kartographischen Methode“ anzuregen, dass Karten auch am Ausgangspunkt einer Gedankenkette stehen und als Grundlage für neue Theorien und Forschungsfragen dienen können. Diese Schlussfolgerungen bedürfen allerdings der verbalen Erläuterung. (Eggers, 1950)

Diese zwei Gesichtspunkte der Kartographie in der Urgeschichte, die auch heute noch Gültigkeit haben, wurden von (Kowanda and Heynowski, 2011) folgendermaßen beschrieben:

² Oswald Menghin war ein österreichischer Prähistoriker und zeitweise Rektor der Universität Wien. Er verfasste rassistische und antisemitische Schriften (z.B. „Geist und Blut“) und war Mitglied einer deutschen antisemitischen Geheimgesellschaft sowie der „Bärenhöhle“. Die Mitglieder der „Bärenhöhle“ versuchten u.a., die Ernennung von jüdischen Dozenten und Professoren zu verhindern. Nach dem Anschluss Österreichs war Menghin Unterrichtsminister. (Obermair (2017))

„1. Karten dokumentieren ein archäologisches Ergebnis. Sie dienen dazu, auf klare und leicht erkennbare Weise wissenschaftliche Inhalte zu kommunizieren.

2. Karten inspirieren zu Forschungsfragen, indem die verschiedenen kombinierten Inhalte auf Zusammenhänge hinweisen, die nicht offenkundig sind. Die Interpretation des Kartenbildes führt dann durchaus zu neuen Erkenntnissen.“ (Kowanda and Heynowski, 2011)

Eggers veranschaulichte, dass es lediglich durch eine andere Handhabung kartographischer Mittel möglich sei, die Aussagekraft einer Karte zu verstärken. Dies illustrierte er am Beispiel einer Karte von Waltraut Bohm über die Bronzezeit in der Mark Brandenburg, indem er die Signaturen inhaltlich zusammenfasste, vereinfachte und ihre Helligkeitswerte veränderte. (Eggers, 1950)

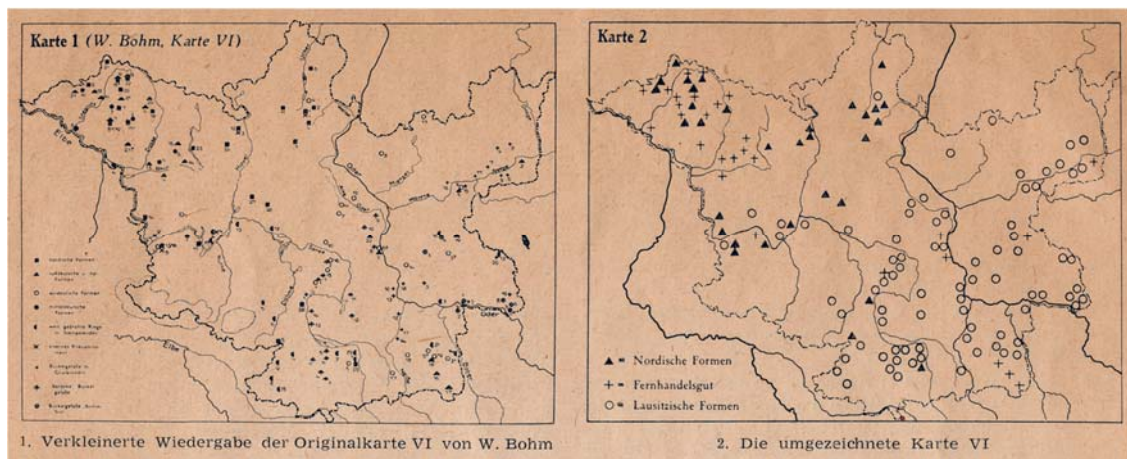


Abbildung 21: umgezeichnete Karte (Eggers, 1950)

Urgeschichtliche Karten können nach der Methodik der kartographischen Gestaltung untergliedert werden in **Fundkarten**, **Verbreitungskarten**, **Entwicklungskarten** und **Mehrschichtkarten**. (Kowanda and Heynowski, 2011)

Eine weitere Gliederung ist nach dem verwendeten Maßstab möglich.

Fundkarten stellen Orte mit urgeschichtlichen Funden im geographischen Raum dar. Zur Orientierung sind bestimmte topographische Grundelemente wie Gewässer, Grenzlinien, Höhendaten etc. erforderlich. Meist sind die Signaturen je nach Fundart unterschiedlich und wenn möglich sprechend (siehe Abb.22). (Kowanda and Heynowski, 2011)

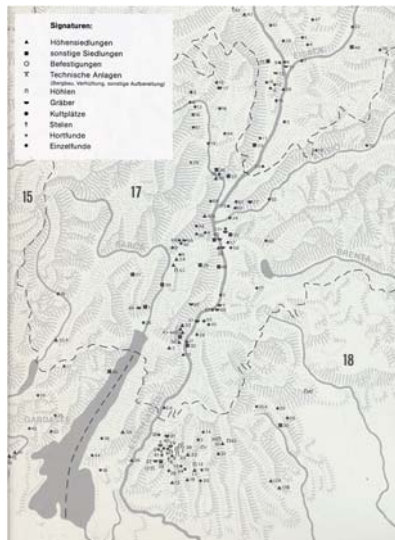


Abbildung 22: Fundkarte Jungsteinzeit in Tirol (Uslar, 1991)

Die Darstellungsform der Funde ist stark abhängig vom gewählten Maßstab. Wird der Maßstab zu klein, kann es erforderlich sein, Einzelobjekte in Sammelsignaturen (die entsprechend in der Größe angepasst werden müssen, siehe Abb. 23) zusammenzufassen. Ansonsten käme es zu Überlagerungen einzelner Signaturen oder zu Ungenauigkeiten in der Lage der Fundstücke, wodurch die Karte an Aussagekraft verlöre.



Abbildung 23: Fundstellen eiszeitlicher Felskunst mit in der Größe abgestuften Signaturen je nach Anzahl der Fundstellen (Terberger, 2014)

Verbreitungskarten grenzen den Raum einer bestimmten Kultur oder Epoche schematisch ab (siehe Abb. 24) und lehnen sich meist an die geographische Ausdehnung der Fundkarten an. Beide Kartentypen werden daher oft gemeinsam in einer Karte dargestellt. Da dabei punkthafte und flächenhafte Signaturen zum Einsatz kommen, ist eine übersichtliche Darstellung möglich (siehe Abb. 7). (Kowanda and Heynowski, 2011)

Die Interpretation der Verteilung der Funde erfolgt meist auf rein visueller Ebene und es wird versucht, Muster und Häufungen zu erkennen. Man interpretiert die Lage von Fundstellen verbal und leitet Tendenzen daraus ab. Abweichungen, die nicht in die Interpretation passen, werden oftmals mit dem kleinen Maßstab und der damit verbundenen starken Generalisierung der Verbreitungskarten erklärt (Coolen, 2015). So sollen neue Erkenntnisse aus den Fund- und Verbreitungskarten gewonnen werden.

Hodder und Orton befassten sich in den 1970er Jahren mit der räumlichen Analyse archäologischer und urgeschichtlicher Funde und unterstrichen die Notwendigkeit, räumliche statistische Analysen durchzuführen, die dazu dienten, objektive Erkenntnisse über die Verteilung von Funden zu erhalten, d.h., z.B. zu ermitteln, ob Funde zufällig, geclustert oder regelmäßig verteilt sind. (Hodder and Orton, 1989)

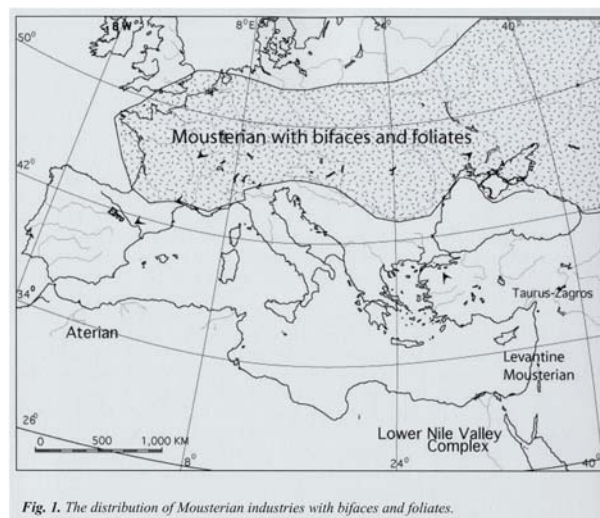


Abbildung 24: Verbreitung von Faustkeilen und Blattspitzen des Moustérien (Bar-Yosef, 2006)

In der schematischen **Entwicklungskarte** (siehe Abb. 25) werden dynamische Prozesse der Verbreitung von Menschen oder Kulturen, die einen zeitlichen Aspekt beinhalten, dargestellt. Neben flächen- und punkthafte Signaturen kommen Gestaltungselemente der Kartographie zum Einsatz, die Entwicklung und Genese ausdrücken (z.B. Pfeile). Die Erstellung einer Entwicklungskarte

bedarf des besonderen Talents des Erstellers, damit dem Betrachter das vermittelt wird, was vermittelt werden soll. (Kowanda and Heynowski, 2011)

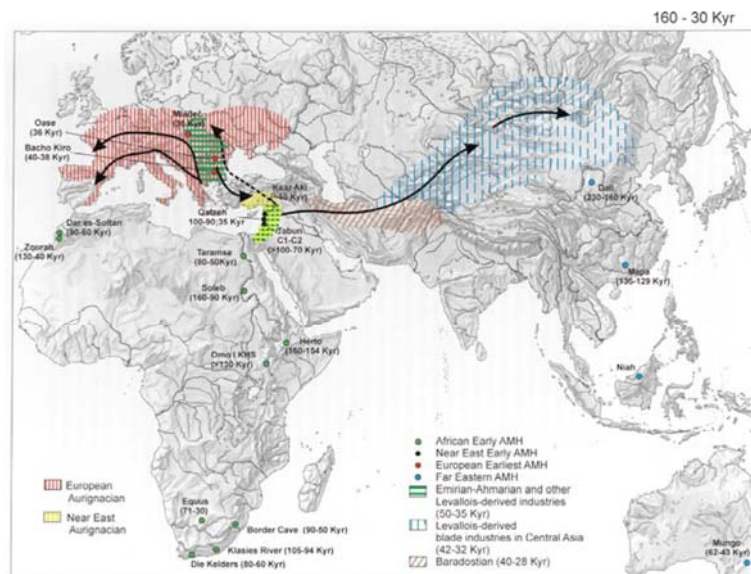


Fig.5. Carte de la dissémination de l'HAM et des unités culturelles reliées : -160 000 à -30 000 ans.

Abbildung 25: Ausbreitung des modernen Menschen und der mit ihm verbundenen Kulturen (Kozłowski, 2005)

Mehrschichtkarten stellen die räumlichen Gegebenheiten eines archäologischen Fundes dem Zustand einer anderen Epoche, meist dem Jetztzustand gegenüber.

Es werden dabei die Grundrisse von historischen Anlagen mit einer aktuellen Karte überlagert. Dies geschieht vor allem bei der Gegenüberstellung von baulichen Anlagen (z.B. Vergleich eines Grundrisses einer antiken Anlage mit einem modernen Stadtplan) und in einem großen Maßstab. In der Urgeschichte sind diese Karten von geringerer Bedeutung, da zu dieser Zeit noch keine größeren dauerhaften Anlagen oder Siedlungen errichtet wurden. (Kowanda and Heynowski, 2011) Diese Form der Kartendarstellung findet in einem kleineren Maßstab in der Urgeschichte Anwendung bei der Gegenüberstellung von natürlichen Verhältnissen verschiedener Epochen der Steinzeit (z.B. Flussverläufe oder Küstenlinien während und nach dem Kältemaximum, siehe Abb. 7).

Nicht unerwähnt bleiben soll hier auch der **Historische Atlas**, der eine Zusammenschau über die Fundsituationen einer bestimmten Epoche und über einen größeren geographischen Raum zum Ziel hat. Die einzelnen Karten sollen eine Einheit bilden und ihre Aussagen sollen sich gegenseitig unterstützen bzw. ergänzen. Die Erstellung eines historischen Atlanten bedarf einer sorgfältigen historischen sowie auch kartographisch-gestalterischen Vorarbeit. (Eggers, 1950)

Im vorigen Jahrhundert wurden bereits historische Atlanten herausgegeben, die sich auch oder ausschließlich der Urgeschichte widmeten (von Vladimir Milojčić oder Miroslav Buchvaldek). (Schnurbein, 2014)

Der „Atlas der Vorgeschichte“ von Sigmar von Schnurbein (Hg.) stellt ein modernes Beispiel eines historischen Atlanten dar. (Imhof, 1972; Terberger, 2014)

1.3.2 Geographische Informationssysteme (GIS)

Bei einem **GIS** handelt es um ein integriertes Computersystem, welches sich aus Hardware- und Softwarekomponenten zusammensetzt. Es dient primär der Erfassung, Verwaltung und Analyse von räumlichen Daten (Geometriedaten) und den dazugehörigen Sachdaten (Attributen). Durch ein GIS erfolgt die Verknüpfung der räumlichen Daten mit den Sachdaten.

Die **räumlichen Daten** beschreiben die Lage von Geoobjekten sowie weitere räumlich ausgeprägte Charakteristika (wie z.B. Ausdehnung, Geländemerkmale), die **Sachdaten** beschreiben quantitative oder qualitative Eigenschaften der Geoobjekte. (Kappas, 2012)

Räumliche Daten können im Vektorformat oder im Rasterformat vorliegen.

Vektordaten setzen sich aus geometrischen Basistypen (sog. Primitiven) wie Punkt, Linie, Fläche und Körper (im dreidimensionalen Raum) zusammen und können ohne Qualitätsverlust skaliert und bearbeitet und so in verschiedenen Maßstäben in gleicher Qualität verwendet werden. Gegenüber Rasterdaten haben Vektordaten den Vorteil, dass sie weniger Speicherplatz benötigen.

Rasterdaten bestehen aus in regelmäßigen Reihen und Zeilen angeordneten Rasterzellen einheitlicher Größe. Die einzelnen Rasterzellen werden gebildet vom graphischen Grundtyp der Rasterdaten, dem Pixel. Jeder Rasterzelle ist ein bestimmter Wert zugeordnet, der eine räumliche Eigenschaft widerspiegelt. Die Qualität der Rasterdaten hängt stark von der Auflösung (Zellengröße) und der Farbtiefe ab. Rasterdaten lassen sich nicht beliebig skalieren und in der gleichen Qualität wiedergeben. Je nach Auflösung benötigen Rasterdaten viel Speicherplatz. (Droß, 2006; Kappas, 2012)

Die Datenformate haben verschiedene Vor- und Nachteile und kommen jeweils bei verschiedenen Fragestellungen zur Anwendung.

Neben diesen zwei Hauptdatentypen (räumliche Daten und Sachdaten) beinhaltet ein GIS auch Informationen zu den topologischen Beziehungen der Geoobjekte sowie Referenzen (Schlüssel oder Indizes) zur Verknüpfung der räumlichen Daten mit den Sachdaten in der Datenbank. (Kappas, 2012)

Häufig werden räumliche Daten und Sachdaten in unterschiedlichen Datenbanksystemen gespeichert. Das am häufigsten verwendete Datenmodell für Sachdaten ist das relationale Datenmodell, welches Abfragen über die häufig verwendete Structured Query Language (SQL) ermöglicht. (Droß, 2006; Kappas, 2012)

Zusammenfassend kann ein GIS folgendermaßen definiert werden:

“A GIS works with objects, their attributes, and the relationships among the objects. These objects are stored in a database using geometric primitives (volumes, areas, lines, points) and the relationships between them.” (Kainz, 2010)

1.3.2.1 Geographische Informationssysteme (GIS) in der Urgeschichte

GIS erlangen auch in der Archäologie und Urgeschichte eine immer größere Bedeutung. Die Urgeschichte ist mehr noch als die klassische Archäologie auf Methoden von GIS angewiesen, um Lebensumstände und Beweggründe von Menschen zu rekonstruieren, da in der Urgeschichte auf keinerlei schriftliche Quellen zurückgegriffen werden kann. (Droß, 2006)

„GIS werden hier vor allem zur Erfassung, Visualisierung und Analyse von Beständen und zur Erstellung sogenannter Thematischer Karten verwendet, aber auch zur Berechnung von Lagekriterien noch unbekannter Fundplätze oder zur Durchführung komplexer Analysen zur Entwicklung von Siedlungsräumen eingesetzt.“ (Droß, 2006)

Die Erfassung von Fundorten wie auch die Erstellung von thematischen Karten durch ein GIS stellt noch keinen inhaltlichen Zusatznutzen zur klassischen Kartographie dar, doch ist es möglich, die thematischen Karten - z.B. Fundkarten oder Verbreitungskarten - sehr viel einfacher und schneller zu erstellen. Mit einem GIS erstellte thematische Karten können beliebig erweitert bzw. aktualisiert oder auch kombiniert werden.

Ein GIS bietet jedoch auch die Möglichkeit, umfassende Analysen und Modellierungen, die zur Klärung urgeschichtlicher Fragestellungen beitragen können, schnell und einfach durchzuführen, so wie dies von (Hodder and Orton, 1989) bereits für Fund- und Verbreitungskarten gefordert wurde.

Es können die Auswirkungen von Standortfaktoren und Umweltbedingungen, die für Funde ausschlaggebend sind, sowie die Verteilung der Funde selbst analysiert werden, ebenso kann eine Fundverteilung modelliert werden.

Ein GIS stellt zahlreiche Werkzeuge sowohl für die Analyse als auch für die Modellierung zur Verfügung. Zur Visualisierung der Ergebnisse von Analyse und Modellierung stehen zusätzlich zur „normalen“ Karte weitere Anwendungen, wie z.B. 3D-Darstellungen zur Verfügung.

Die wichtigen Funktionen über die reine Kartenerstellung hinaus sind somit die räumliche **Analyse, Modellierung** und auch nicht zuletzt die **Visualisierung** der Lebensumstände urgeschichtlicher Menschen. (Alexakis et al., 2011)

1.3.2.2 Analyse, Modellierung und Visualisierung

Analyse, Modellierung und Visualisierung im Zusammenhang mit urgeschichtlichen Fragestellungen lassen sich nicht voneinander trennen. Oft ist eine Analyse Voraussetzung für eine Modellierung oder umgekehrt. Jede Karte, die aus einer Analyse oder Modellierung resultiert, stellt eine Visualisierung dar, wenngleich es auch reine Formen der Visualisierung gibt.

Dennoch soll hier der Übersicht halber eine Unterteilung in Analyse, Modellierung und Visualisierung vorgenommen werden, auch wenn diese nicht immer zu 100% zutreffend ist.

Analyse

Die wichtigsten Fragestellungen, die von Wissenschaftlern mithilfe von GIS-Analysewerkzeugen zu beantworten versucht werden, betreffen die **Standortkriterien von Fundorten und Siedlungen**. Wie und warum sich Menschen an einer bestimmten Stelle in der Landschaft niedergelassen haben, stellt eine der ersten und wichtigsten Fragen der Urgeschichte und Archäologie dar. (Wright et al., 2014)

Stellt man sich die Frage, in welcher Entfernung um eine Fundstelle derartige Geländeeigenschaften von Bedeutung sind, kommt der Begriff der **Site Catchment Analysis bzw. Area (SCA)** ins Spiel.

Die **Site Catchment Analysis** (Einzugsgebietsanalyse) ist aus der Archäologie bekannt und versucht, den wirtschaftlichen Einzugsbereich einer Fundstelle zu ermitteln und den Raum abzugrenzen, in dem sich die Menschen bewegten, agierten und aus dem sie ihre Ressourcen bezogen. (Legg, 2008)

„Sie versucht anhand der Analyse naturräumlicher Faktoren im Umfeld der Fundstelle auf Kriterien zu schließen, welche der Standortwahl zugrunde liegen. In erster Linie wird dabei der potentiellen wirtschaftlichen Motivation der Siedlungsplatzwahl nachgegangen.“ (Coolen, 2015)

Eine wichtige Voraussetzung für die Untersuchung der für die Besiedelung maßgeblichen Faktoren ist daher die Abgrenzung des Einzugsbereiches, in welchem diese Faktoren von Bedeutung sind.

Der Begriff der **Site Catchment Analysis** wurde in den 1970er Jahren von Claudio Vita-Finzi und Eric Higgs geprägt. Sie begannen damit, Fundplätze im Verhältnis zu ihrer natürlichen Umgebung zu untersuchen.

Die Abgrenzung von Einzugsbereichen basiert zumeist auf dem „Prinzip der geringsten Kosten“ („Least-Cost-Principle“), das davon ausgeht, dass natürliche Ressourcen ab einer bestimmten Entfernung nicht mehr sinnvoll und wirtschaftlich aufgesucht werden können. Vita-Finzi und Higgs gingen für Jäger- und Sammler-Gesellschaften von einem maximalen Radius von 10 km (oder zwei Stunden), für Kulturen, die arbeitsintensivere Landwirtschaft betrieben, von 5 km (eine Stunde) aus. (Renfrew and Bahn, 2005)

Die jeweiligen Entfernungen wurden durch Ziehen eines Kreises um die jeweilige Fundstelle ermittelt. Es erwies sich jedoch sehr bald als sinnvoll, und durch GIS wurde dazu die Möglichkeit geschaffen, der Abgrenzung der Einzugsbereiche die Topographie zugrunde zu legen. (Legg, 2008; Coolen, 2015)

So begannen Wissenschaftler in jüngerer Zeit damit, sogenannte „Kostenoberflächen“ zu erstellen (siehe Abb. 26). Eine Kostenoberfläche ist ein Rastermodell basierend auf einem Geländemodell, in dem jeder Rasterzelle „Kosten“ (oder Widerstand) für deren Durchquerung zugewiesen wird. (Ullah, 2015)

Als Kosten wird der Aufwand bezeichnet, der betrieben werden muss, um eine Zelle zu durchqueren. Die Kosten sind z.B. bei steilem Gelände höher als bei flachem Gelände. De facto wird die Kostenoberfläche zumeist auf Basis der Neigung erstellt, zusätzliche Barrieren wie Flüsse können in das Modell einfließen, indem man ihnen hohe Kosten zuweist. (Herzog, 2014; Coolen, 2015)

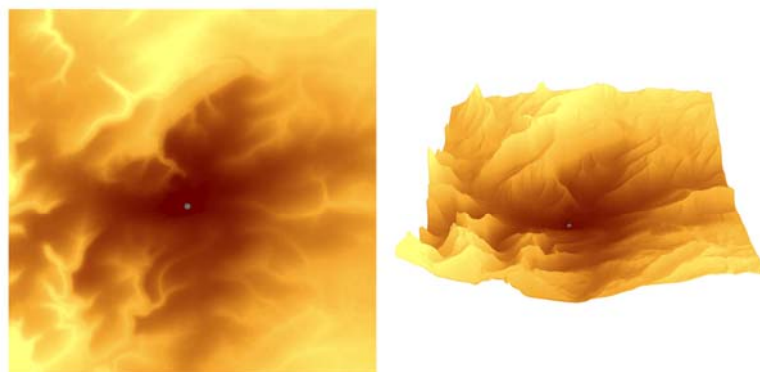


Fig. 1. Accumulated cost surface seen as raster image (left) and as a "2.5D" topography (right). Valleys represent lower accumulations of costs (i.e. least-cost areas for movement). The destination is the grey dot located at the "stem of the funnel".

Abbildung 26: Kostenoberfläche (Llobera et al., 2011)

Werden die Kosten unabhängig von der Richtung ermittelt, so bezeichnet man dies als isotropisch, in Abhängigkeit von der Richtung als anisotropisch. (Llobera et al., 2011)

Die Modellierung einer Kostenoberfläche auf Basis des Geländereiefs ermöglicht es also, sowohl eine Kosten-Distanz-Analyse durchzuführen (z.B. den Weg mit den geringsten Kosten zwischen verschiedenen Punkten zu ermitteln als auch die Ausdehnung von Einzugsbereichen um Fundstellen zu ermitteln. (Alexakis et al., 2011)

Es kann so analysiert und rekonstruiert werden, welche topographischen Gegebenheiten die Menschen in ihrer unmittelbaren Umgebung vorfanden bzw. bevorzugten und auch, welche Rohstoffe und Nahrungsquellen den Menschen zur Verfügung standen.

Neben der Entfernung zu natürlichen Ressourcen wie Wasser oder Rohmaterial für die Herstellung von Steinwerkzeugen sind es vor allem die Geländeeigenschaften, die einen Standort günstig oder ungünstig für die Besiedelung machen. Man untersucht hinsichtlich der Geländeeigenschaften sowohl die Höhenlage von Funden als auch weitere topographische Gegebenheiten in der unmittelbaren Umgebung der Funde wie Höhenunterschiede, die Neigung des Geländes und die Ausrichtung. Von der Ausrichtung können Rückschlüsse z.B. auf die Sonneneinstrahlung gezogen werden und damit auf Wärmebedürfnis und Klima.

Beispiele zu Entfernung von Rohstoffquellen etc. im Zusammenhang mit Einzugsbereichen:

Vetter und Barnikel untersuchten in ihrer Studie für ein Gebiet auf der Halbinsel Krim die Erreichbarkeit von Rohstoffvorkommen, Nahrungsquellen und Wasser von den Siedlungsplätzen mit Hilfe der Kosten-Distanz-Analyse, sowohl für mittelpaläolithische Neandertaler als auch für jungpaläolithische Homo sapiens (siehe Abb. 27). (Vetter and Barnikel, 2012)

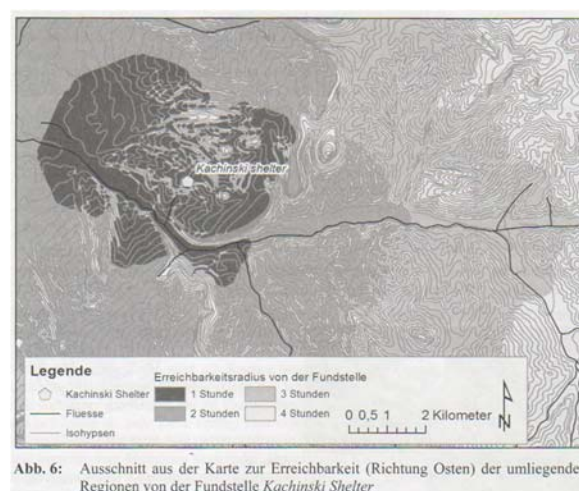


Abbildung 27: Einzugsbereich auf Basis des Geländereiefs (Vetter and Barnikel, 2012)

Gegenstand der Studie von Qiao et al. war unter anderem die Entfernung zu Gewässern sowie fruchtbarem Boden im Zhengzhou-Luoyang-Gebiet für verschiedene (Klima-)Perioden der Jungsteinzeit. (Qiao et al., 2013)

Garcia untersuchte Umweltvariablen, die einen Einfluss auf die Wahl von Siedlungsplätzen im frühen und späteren Magdalénien hatten, wie z.B. Entfernung zur Küste als Nahrungsquelle, indem er den Weg der geringsten „Kosten“ ermittelte. (Garcia, 2013)

Beispiele zu Geländeeigenschaften:

Alexakis et al. analysierten für ein Gebiet in Thessalien im Zusammenhang mit ihrer Studie zur Rekonstruktion der thessalischen jungsteinzeitlichen Landschaft Fundplätze aus drei Epochen der Jungsteinzeit hinsichtlich der Neigung (Slope) und der Ausrichtung (Aspect) (siehe Abb. 28). Weiters wurde eine „Kosten-Distanz-Analyse“ zwischen den Zentren verschiedener Siedlungsbe-
reiche durchgeführt, um die „kostengünstigsten Pfade“ („Least cost paths“) zu ermitteln (siehe Abb. 29). (Alexakis et al., 2011)

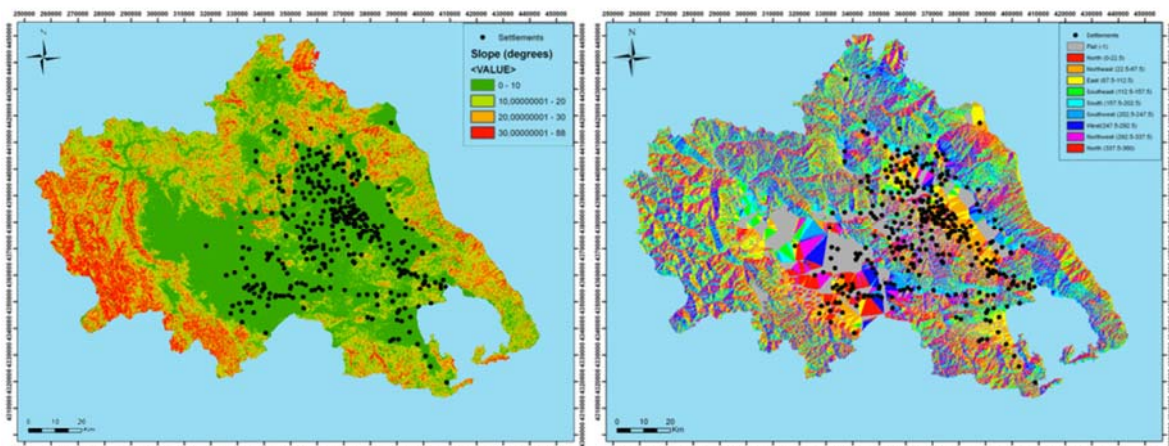


Abbildung 28: Hangneigung, Exposition (Alexakis et al., 2011)

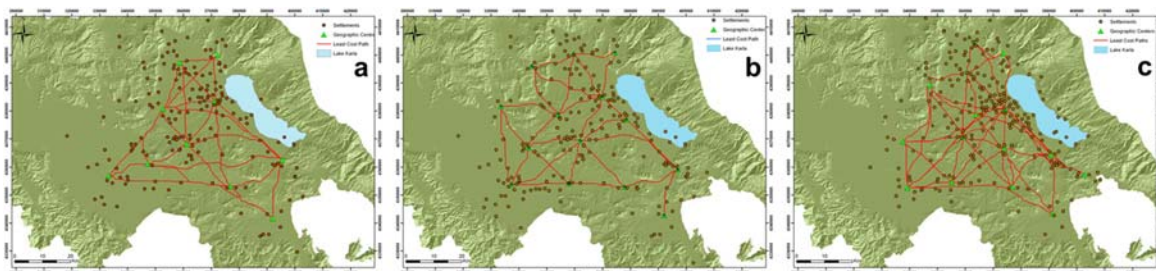


Abbildung 29: kostengünstigste Pfade zwischen Siedlungszentren (Alexakis et al., 2011)

Xu et al. untersuchten die räumlich-zeitliche Verteilung (sowie Höhenlagen und Geländebeschaffenheit) von jungsteinzeitlichen Fundplätzen im Bassin des Poyang Lake und wie diese durch Änderungen der Klima- und Umweltbedingungen sowie Änderung der Lebensbedingungen (Übergang von Jäger- und Sammlerkultur zu sesshafter Kultur) beeinflusst wurden. (Xu et al., 2016)

Von Qiao et al. wurden für das Zhengzhou-Luoyang-Gebiet für vier verschiedene Epochen der Jungsteinzeit die durchschnittliche Höhenlage der Funde errechnet. (Qiao et al., 2013)

Garcia ermittelte die monatlichen Sonnenstunden anhand der Geländeausrichtung sowie die Neigung des Geländes für das frühe und spätere Magdalénien, um Rückschlüsse auf Auswirkungen von Klimaschwankungen ziehen zu können. (Garcia, 2013)

Eine Frage, die eng mit den Geländeeigenschaften verbunden ist und häufig Gegenstand von urgeschichtlichen Analysen ist, betrifft die **Sichtbarkeit**.

Bei der Besiedelung von Landschaften spielt die Sichtbarkeit eine wichtige Rolle. Sie wird nicht unwesentlich vom Gelände relief bestimmt. Von Interesse ist sowohl die Sichtverbindung zwischen einzelnen Siedlungsplätzen untereinander (Intervisibilität) als Mittel der Kommunikation als auch die Einsehbarkeit des umliegenden Geländes und die Sichtbarkeit von markanten Punkten. Auch die Frage, ob man von anderen, nicht der Gruppe zugehörigen Menschen gesehen werden kann, spielt eine wichtige Rolle hinsichtlich des Schutzbedürfnisses von Menschen: „Sehen oder gesehen werden“. (Garcia-Moreno, 2013)

In der Archäologie wurden, besonders mit der Entwicklung von GIS, schon bald Untersuchungen angestellt, inwieweit Siedlungsplätze in der Landschaft zufällig ausgewählt wurden, oder ob die Sichtbarkeit untereinander und über die umgebende Landschaft maximiert wurde. (Wright et al., 2014)

Um verschiedene Hypothesen hinsichtlich des Wechselspiels zwischen Sichtbarkeit und menschlichem Verhalten in der Urgeschichte und Archäologie zu überprüfen, kommt am häufigsten das Werkzeug „Sichtfeld“ („Viewshed“) zur Anwendung. Dabei wird in einem digitalen Höhenmodell von einem oder mehreren Punkten aus für jede einzelne Zelle berechnet, ob eine direkte Sichtverbindung zu einem Punkt oder mehreren Punkten besteht. Ein gesamtes Sichtfeld („Total viewshed“), bei dem von jeder Zelle aus die Sichtfelder ermittelt werden, bietet bereits mehr Information über generelle Sichtbarkeitsmerkmale, scheiterte jedoch lange am Rechenaufwand. (Llobera, 2003; Brughmans et al., 2018)

Die Tatsache, dass bei dieser Vorgehensweise nur der Punkt (die Punkte) selbst, nicht aber die Gegebenheiten rund um den Punkt berücksichtigt werden, rief Kritik hervor und man versuchte,

neue Konzepte zu entwickeln, bei denen auch die Umgebung mit einbezogen wird. So wurde z.B. von Brughmans et al. die „Visual Neighbourhood Configurations“ vorgestellt, bei der er die Umgebung der Zellen bei der Erstellung eines gesamten Sichtfeldes mit einbezog: Form, Größe, und, wenn relevant, Struktur und Erwartung von Sichtbarkeitseigenschaften der Nachbarschaft werden berücksichtigt. Llobera versuchte mit der Einführung von sogenannten „Visualscapes“ ein Konzept einzuführen, um die visuelle Struktur, die einer Umwelt innewohnt, zu berücksichtigen. Er betonte die Bedeutung, die Wahrnehmung und Kognition bei der Erfassung der Umwelt spielen und unterstrich die Fähigkeit von Menschen, Strukturen wahrzunehmen und zu erkennen, die durch ein GIS nicht abgebildet oder analysiert werden können. (Llobera, 2003; Brughmans et al., 2018)

Beispiele zu Fragen der Sichtbarkeit:

Vetter und Barnikel berechneten in ihrer Studie über mittelpaläolithische Neandertaler und jungpaläolithische Homo sapiens auf der Krim die sichtbaren Bereiche von den jeweiligen Fundstellen aus. (Vetter and Barnikel, 2012)

Wright et al. untersuchten an Komplexen von Trockensteinterrassen in den Mandara-Bergen in Kamerun, ob Siedlungsplätze zufällig ausgewählt wurden, oder ob die Sicht über die umgebende Landschaft und die Sichtbarkeit untereinander maximiert wurde. Die Terrassen stammen zwar aus jüngerer Zeit, das Prinzip lässt sich aber durchaus sehr gut auf frühgeschichtliche Funde anwenden. (Wright et al., 2014)

Alexakis et al. erstellten kumulierte Sichtfelder für Fundstellen verschiedener Perioden der Jungsteinzeit (siehe Abb. 30), errechneten deren Größe und verglichen sie miteinander. (Alexakis et al., 2011)

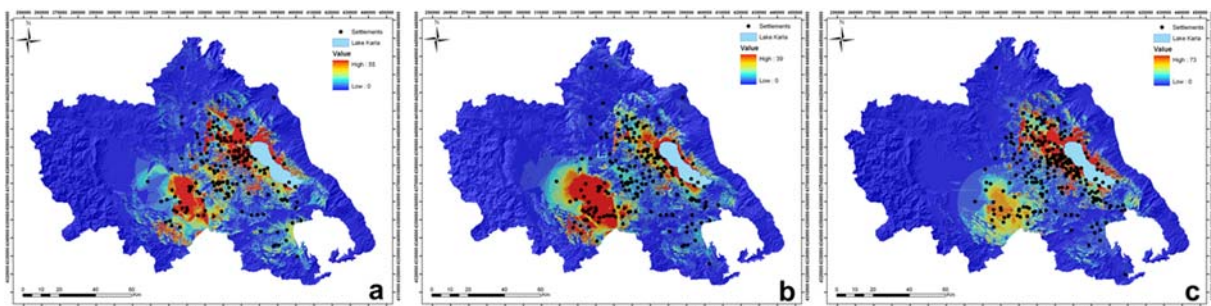


Abbildung 30: kumulierte Sichtfelder (Alexakis et al., 2011)

Garcia-Moreno ermittelte für Fundstellen unterschiedlicher Höhe aus der Jüngerer Altsteinzeit in Kantabrien kumulierte Sichtfelder und Sichtfelder von einzelnen Standpunkten aus in verschiedene Richtungen (siehe Abb. 31), um Sichtbarkeitsmuster identifizieren zu können (die Analyse wurde dabei auf 10 km limitiert, um die Grenzen des menschlichen Auges zu berücksichtigen). (Garcia-Moreno, 2013)

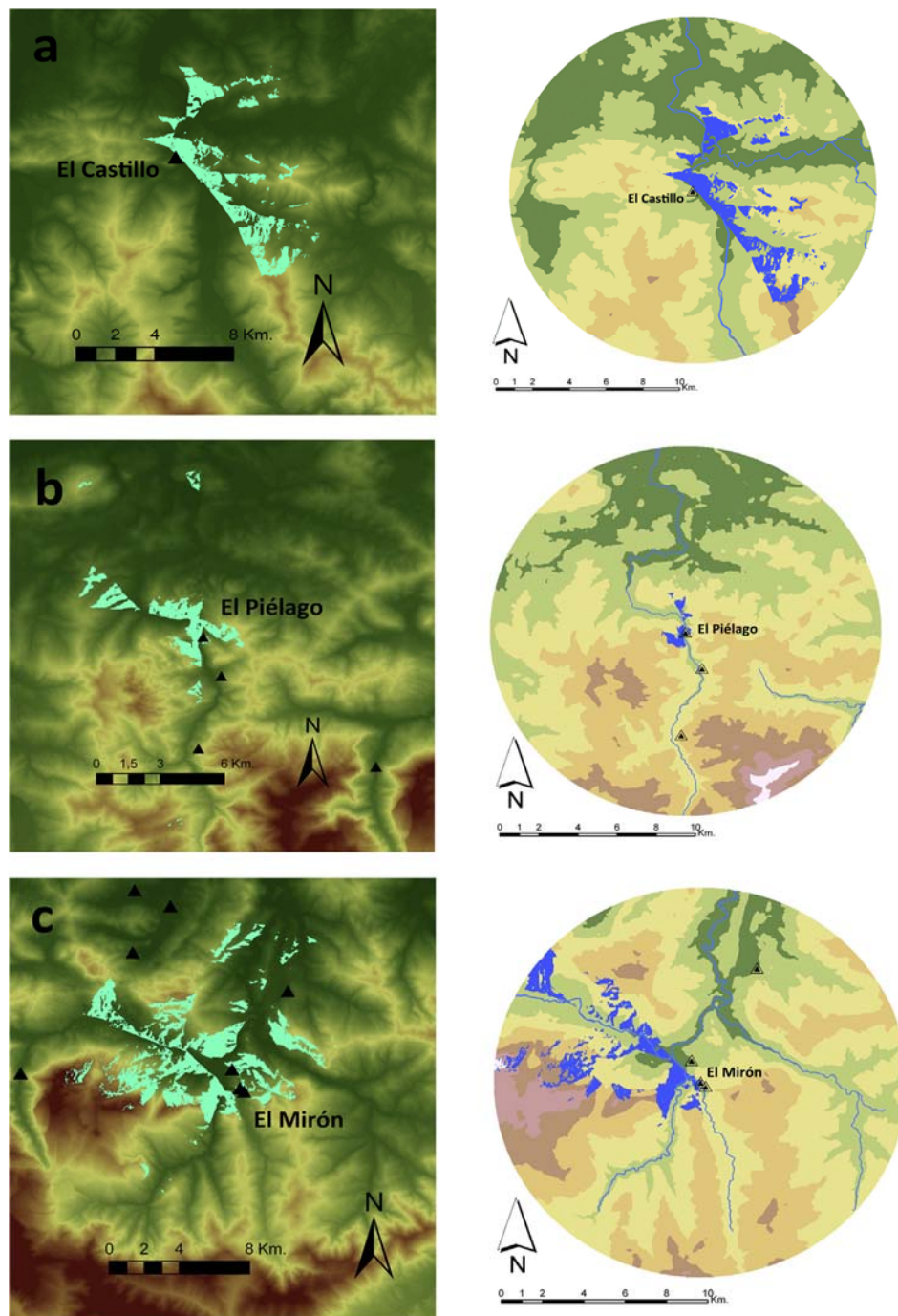


Abbildung 31: Vergleich kumulierte Sichtfelder und Sichtfelder von einzelnen Punkten (Garcia-Moreno, 2013)

Neben der Analyse von Standortkriterien von Fundorten ist es auch das **Verhältnis der Lage der Fundorte untereinander**, das Gegenstand von Analysen und Modellierungen ist.

Um Besiedlungsmuster und deren Veränderung erkennen zu können, werden häufig sogenannte Punktanalysen (Point Pattern Analysis) durchgeführt. Sie erlauben das Erkennen von Siedlungsschwerpunkten und -mustern sowie die Ermittlung von Besiedlungsdichten und Nachbarschaftsbeziehungen. (Conolly and Lake, 2006; Droß, 2006; Alexakis et al., 2011)

Bei der Berechnung des Mittleren Nächsten Nachbarn werden Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Punkten (Fundstellen) untersucht und es kann ermittelt werden, ob Punkte zufällig verteilt oder geclustert sind. (ESRI, 2019a)

Räumliche Grenzen von Siedlungen können durch die sogenannte Thiessen-Polygon-Analyse ermittelt werden. Dabei erfolgt eine Unterteilung eines Gebietes, für das nur punkthafte Informationen vorliegen, in Polygone. Ähnlich der Site Catchment Analysis ist so eine Zuordnung von Einzugsbereichen zu einzelnen Fundstellen auf Basis der kürzesten Entfernung zum nächsten Punkt möglich. Die Methode ermöglicht es, unregelmäßig verteilte Punkte einer Fläche zuzuordnen. (Alexakis et al., 2011; Spektrum Akademischer Verlag, 2014d)

Beispiele Punktanalysen:

Alexakis et al. untersuchten mithilfe der Thiessen-Polygon-Analyse die territorialen Grenzen von Siedlungsplätzen in Thessalien und erstellten Dichtekarten für verschiedene Perioden der Jungsteinzeit (siehe Abb. 32). (Alexakis et al., 2011)

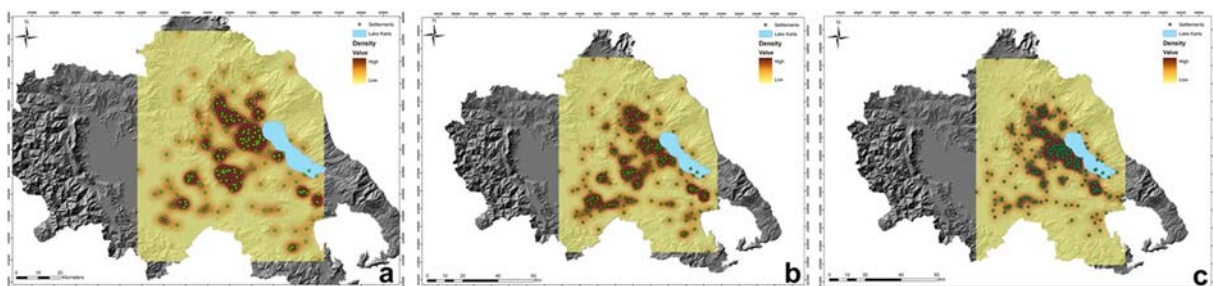


Abbildung 32: Dichtekarten (Alexakis et al., 2011)

Qiao et al. ermittelten im Zhengzhou-Luoyang-Gebiet für verschiedene Perioden der Jungsteinzeit mithilfe der Werkzeuge „Nachbarschaft“ und „Mittlerer nächster Nachbar“ von ArcGIS, ob die Besiedlung gestreut (zufällig) oder geclustert ist. (Qiao et al., 2013)

Modellierung

Analyse und Modellierung (sowie auch Visualisierung) sind, wie bereits erörtert, eng miteinander verbunden. So wie die Ergebnisse der Kerndichteschätzung für die Modellierung von kartographischen Oberflächen verwendet werden, so sind es auch Analyseergebnisse, die als Basis für eine andere gängige Form der Modellierung, das Predictive Modeling, dienen. (Coolen, 2015; Rase, 2016)

Die **Kerndichteschätzung** (Kernel Density Estimation - KDE) wird zur Analyse und Modellierung der räumlichen Verteilung von einzelnen Standorten verwendet. (Rase, 2016)

*„KDE ist eine Interpolationsmethode für diskrete Punktdaten. Basierend auf einem räumlichen Punktmuster werden Dichtewerte auf ein reguläres Raster interpoliert. Für jede Zelle des Rasters wird ein Dichte- oder Wahrscheinlichkeitswert berechnet.“
(Leitner, 2016)*

Die Kerndichteschätzung ist nicht nur ein Analyseinstrument, sie dient ebenso der Modellierung der Verteilung von Funden im Raum. (Coolen, 2015)

Beispiel zur Kerndichteschätzung:

Coolen führte eine Kerndichteschätzung für Fundstellen die Jungsteinzeit im Raum Melk durch. (Coolen, 2015)

Das sogenannte **Predictive Modeling** hat die Aufgabe, Prognosekarten zu erstellen, die Aufschluss darüber geben, wie wahrscheinlich an einer bestimmten Stelle Funde zu erwarten sind. Dabei werden zwei verschiedene Ansätze verfolgt:

Bei der *induktiven* Methode versucht man von bestehenden Funden Kriterien abzuleiten und zu gewichten, die für die Fundstelle typisch sind. Dieser Methode geht eine Analyse der Standortkriterien voraus.

Bei der *deduktiven* Methode werden Annahmen getroffen, denen lediglich theoretische Überlegungen vorausgehen. Diese Methode wird in der Urgeschichte eher selten angewandt. (Conolly and Lake, 2006; Alexakis et al., 2011; Coolen, 2015)

Die *induktive* Methode hingegen findet in der Urgeschichte häufig Anwendung. Die Vorgehensweise zur Erstellung eines Predictive Models wurde von Coolen sehr anschaulich erläutert:

„Für alle Faktoren, die vom Modell berücksichtigt werden sollten, werden entsprechende Rasterdateien erstellt. Jede Rasterzelle aus jeder Datei trägt dabei einen

Wert, der die Eignung dieser Zelle nach dem betreffenden Faktor ausdrückt. Sämtliche Rasterdateien werden miteinander verschnitten, wobei verschiedene Verschneidungsoperatoren gewählt und die einzelnen Faktoren unterschiedlich gewichtet werden können. Das Ergebnis ist eine Fundhoffnungskarte, welche die Landschaft meist in drei Zonen unterteilt, nämlich solche mit einem hohen, mittleren und geringen archäologischen Erwartungswert.“ (Coolen, 2015)

Beispiele für Predictive Modeling:

Coolen analysierte in seiner siedlungsgeografischen Studie zur frühen Jungsteinzeit in der Umgebung von Melk (NÖ) unterschiedliche Standortkriterien wie Hangneigung, Höhenlage, Entfernung zu Gewässern etc. als Grundlage für die Erstellung eines Predictive Models, einer Fundhoffnungskarte. (Coolen, 2015)

Qiao et al. erstellten ebenso für das Zhengzhou-Luoyang-Gebiet für vier verschiedene Epochen der Jungsteinzeit eine Karte, die, basierend auf der Analyse von Standortkriterien und deren Gewichtung, die Wahrscheinlichkeit von Funden darstellt. (Qiao et al., 2013)

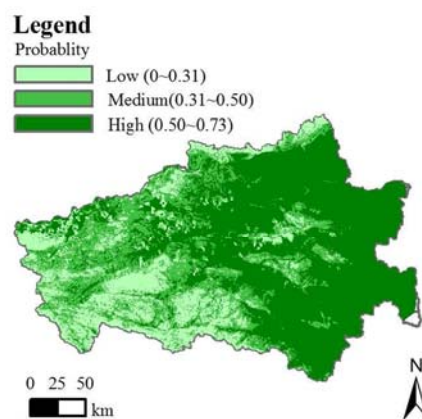


Fig. 3 Probability map of the Neolithic settlements in Zhengzhou-Luoyang area

Abbildung 33: Predictive Modeling, Wahrscheinlichkeit von Funden (Qiao et al., 2013)

Es finden sich in der Literatur zahlreiche weitere Beispiele wie z.B. bei Alexakis et al. oder Danese et al.. (Alexakis et al., 2011; Danese et al., 2014)

Häufig in GIS angewandte Modellierungsarten sind **Inverse Distance Weighting (IDW)** und **Kriging**. Es handelt sich hierbei um Verfahren zur Modellierung kontinuierlicher Oberflächen, bei denen unregelmäßig verteilte, punkthaft vorliegende Daten auf ein regelmäßiges Raster interpoliert werden.

IDW ist ein nichtstatistisches Interpolationsverfahren mit gewichteten Mittelwerten, das davon ausgeht, dass der Einfluss eines Punktes desto größer ist, je näher er ist.

Bei Kriging handelt es sich um ein geostatistisches Interpolationsverfahren. Die Gewichtung der Punkte erfolgt nicht nur aufgrund ihrer Lage, sondern wird mithilfe eines Semivariogramms ermittelt. (Rase, 2016)

Diese Interpolationsmethoden finden in der Modellierung urgeschichtlicher Themen nur beschränkt Anwendung, da sie vor allem dazu geeignet sind, kontinuierliche Oberflächen zu erzeugen. Diese können materieller (z.B. Bodenart) oder immaterieller (virtueller) Natur (z.B. Lufttemperatur) sein.

Beispiel für Kriging:

Isern et al. modellierten mithilfe von Kriging der ersten jungsteinzeitlichen Funde den Übergang zwischen der Jäger- und Sammlergesellschaft zur sesshaften Lebensform (Neolithisierung) auf der Iberischen Halbinsel (siehe Abb. 34) und versuchten zu klären, ob diese aus zwei Richtungen erfolgte (entlang der Mittelmeerküste und über die Straße von Gibraltar). (Isern et al., 2014)

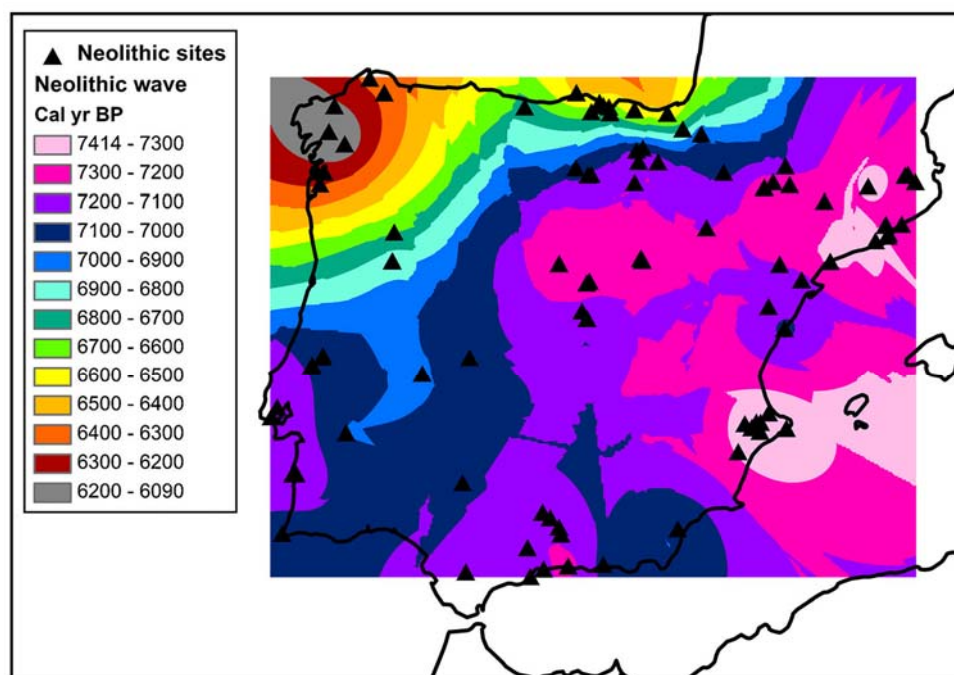


Fig. 1 Observed chronology of the Neolithic transition in the Iberian Peninsula. Map obtained by kriging interpolation of 93 Early Neolithic dates (*triangles*)

Abbildung 34: Kriging Neolithisierung Iberische Halbinsel (Isern et al., 2014)

Visualisierung

Neben der Erstellung thematischer Karten (z.B. Fundkarten) und der Darstellung der Ergebnisse von Analyse und Modellierungen verfügt ein GIS über weitere Möglichkeiten der Visualisierung. Mithilfe der 3D-Anzeigeumgebungen ArcScene und Arc-Globe können in Abhängigkeit vom gewählten Maßstab Oberflächen visualisiert werden (Arc-Scene findet bei größeren Maßstäben Anwendung, ArcGlobe bei kleineren). So ist es möglich, das Ergebnis einer Sichtbarkeitsanalyse auf dem Geländemodell zu veranschaulichen.

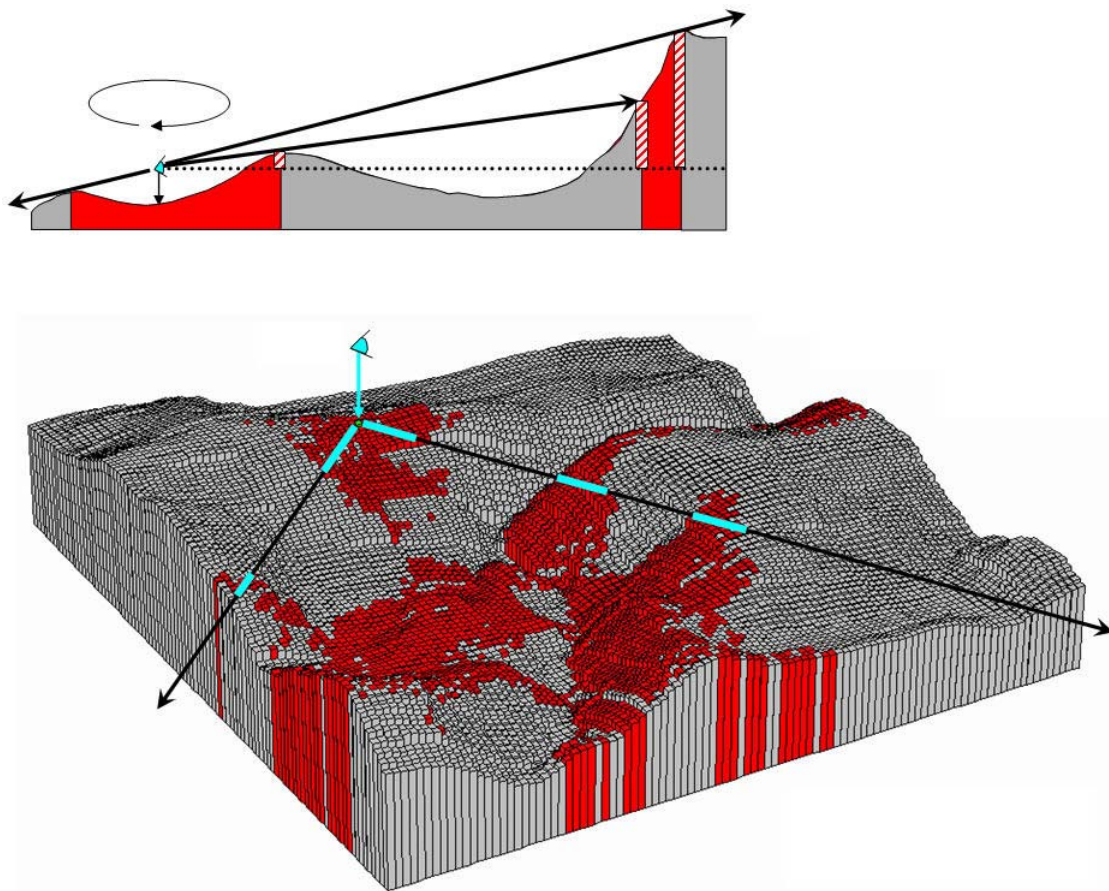


Abbildung 35: Ergebnis einer Sichtbarkeitsanalyse (Schröder, 2009)

Sichtbeziehungen zwischen verschiedenen Punkten („Lines of Sight“), die für Fragen hinsichtlich der Kommunikation eine wichtige Rolle spielen, können ebenso in ArcScene dargestellt werden. Es können in ArcScene jedoch auch thematische Daten in einer 3D-Umgebung angezeigt werden, indem die Eigenschaft eines Objektes (z.B. Alter eines Fundstückes) durch Extrusion im z-Wert, dem eigentlichen Höhenwert, dargestellt wird (siehe Abb. 36). (ESRI, 2018b)

Sogenannte immaterielle Oberflächen, die keine tatsächliche Oberfläche widerspiegeln, sondern das Ergebnis einer Modellierung darstellen, können ebenfalls in 3D visualisiert werden. (Rase, 2016)

Eine derartige immaterielle Oberfläche stellt auch eine Kostenoberfläche dar, wie sie in Abb. 26 visualisiert wurde.

Der Zeitschieberegler wie auch der Raum-Zeit-Würfel (Space Time Cube) in ArcGIS dienen vorrangig der Veranschaulichung von Ereignissen in ihrem zeitlichen Zusammenhang und bieten die Möglichkeit, den Faktor Zeit in eine animierte Visualisierung einzubeziehen und so Entwicklungen darzustellen. (ESRI, 2016, 2019b)

Beispiel für Visualisierung thematischer Daten:

Fu et al. veranschaulichten das Alter von Funden in Europa durch unterschiedliche Farbgebung und Balkenhöhe je nach Alter. (Fu et al., 2016)

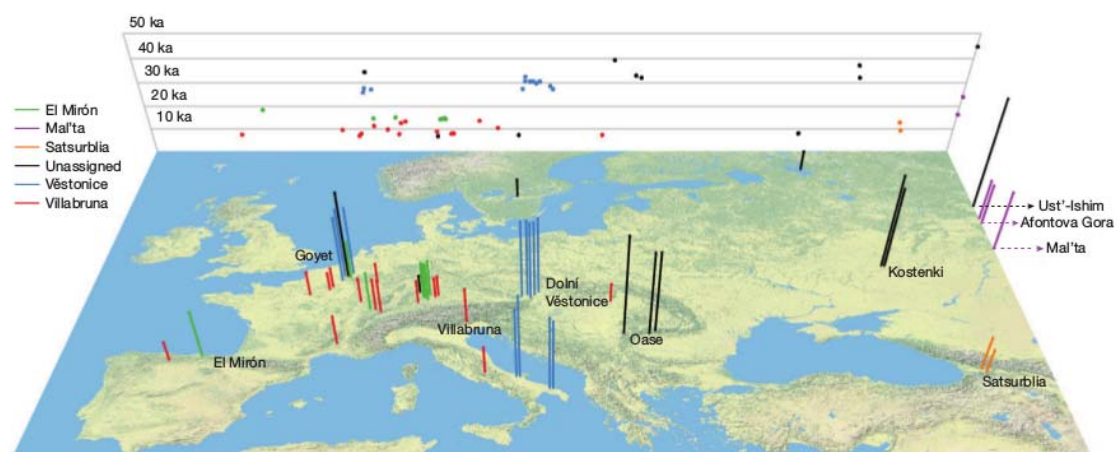


Figure 1 | Location and age of the 51 ancient modern humans. Each bar corresponds to an individual, the colour code designates the genetically defined cluster of individuals, and the height is proportional to age (the background grid shows a projection of longitude against age). To help in

visualization, we add jitter for sites with multiple individuals from nearby locations. Four individuals from Siberia are plotted at the far eastern edge of the map. ka, thousand years ago.

Abbildung 36: 3D-Darstellung des Alters von Funden (Fu et al., 2016)

2 Praktischer Teil - Beispiele

Im praktischen Teil dieser Arbeit wird der Versuch unternommen, anhand von offenen Fragen zu Aspekten der Besiedelung Europas durch den Menschen während der Altsteinzeit die Nützlichkeit von GIS zu untersuchen und zu demonstrieren. Die Untersuchungen erfolgen beispielhaft ohne den Anspruch, eine Frage erschöpfend beantworten zu können, da dafür mehr und detaillierteres urgeschichtliches Fachwissen vonnöten wäre. Dies (das mangelnde Fachwissen) ist auch der Grund, warum bei den praktischen Beispielen auf das Predictive Modeling verzichtet wird, da sowohl bei der induktiven als auch bei der deduktiven Vorgangsweise Expertenwissen Voraussetzung ist.

Der Zeitraum, in dem die praktischen Beispiele angesiedelt sind, erstreckt sich vom Beginn der Besiedelung Europas durch den modernen Menschen bis zum Beginn der Sesshaftwerdung. Auf Beispiele der Zeit der Sesshaftwerdung (während der Jungsteinzeit) wird verzichtet, da zu Fragestellungen im Zusammenhang mit dieser Epoche bereits sehr umfangreich, zum Großteil mithilfe der Instrumente von GIS, geforscht wird.

Durchgeführt werden die Beispiele erstens für einen Teil von Westeuropa, der im Wesentlichen Teile des heutigen Frankreich und die Iberische Halbinsel umfasst, und zweitens das heutige Frankreich und daran angrenzende Teile Europas. Die Grundlage ist im Gebiet des heutigen Frankreich, insbesondere für den Zeitabschnitt des Übergangs zwischen Neandertalern und modernen Menschen, sehr gut erforscht und dokumentiert (Mellars and French, 2011), und es bildet insofern eine logische Einheit mit der Iberischen Halbinsel, als die Iberische Halbinsel den Menschen während des letzten glazialen Maximums als Rückzugsort diente. Von dort aus erfolgte dann nach dem letzten glazialen Höhepunkt die Wiederbesiedelung Europas. Innerhalb dieses Gebietes kommt der heutigen Dordogne eine besondere Bedeutung zu, da sie eine der wenigen Regionen Europas darstellt, die trotz aller Klimaschwankungen und Eiszeiten permanent besiedelt war. (van Andel and Aiello, 2003)

Die Dordogne befindet sich im Westen des europäischen Kontinents, im Südwesten des heutigen Frankreich und birgt hinter einer anscheinenden Einheitlichkeit eine beachtliche Vielfalt. Sie setzt sich aus sehr unterschiedlichen Geländeformen zusammen. Primärgestein bildet die Südwestseite des Massif Central, sekundäres Kalkgestein bildet die Hochflächen und Hügel, die von den zahlreichen Flüssen (wie Dronne, Isle, Auvézère, Vézère oder Dordogne) eingekerbt werden, tertiäre Sande schließlich formen die Terrassen des aquitanischen Beckens. Die geologischen Schichten

ordnen sich stufenförmig parallel zum Massif Central an und folgen einer Nordwest/Südost-Richtung. Man zählt vier Hauptstufen, deren Höhe vom Massif Central ausgehend von ca. 500 m bis zum Dordogne-Tal auf ca. 50 m abnimmt. (Tronel, 2018)



Abbildung 37: Relief der Dordogne (Tronel, 2018)

Die Dordogne verfügt über ein dichtes und vielfältiges Gewässernetz, das sich aus Flüssen und Bächen zusammensetzt und dessen Gesamtlänge ca. 4500 km beträgt. Gleich einem Fächer fließen die Gewässer ausgehend vom Massif Central vom Nordosten nach Südwesten in Richtung Atlantik und folgen der Neigung des Geländes. Die Flüsse Charente, Dordogne und Garonne sammeln das Wasser aus diesem Gewässernetz und münden schließlich in den Atlantik. Diese Wasserläufe bilden seit langer Zeit die natürlichen Zugangswege zur Dordogne. Seit Menschen in dieser Region siedelten, dienten die Wasserwege der Kommunikation und dem Handel. Das Tal der Dordogne verfügt über einen ganz besonders großen Naturreichtum und beherbergt eine einzigartige biologische Vielfalt an Pflanzen und Tieren, sowohl auf nationaler wie auch auf europäischer und weltweiter Ebene. (Tronel, 2018)

2.1 Daten und Datenaufbereitung, verwendete Software

Für die Beispiele werden, beispielsweise um einen Analyse der Geländeeigenschaften durchführen zu können, Daten über topographische Gegebenheiten benötigt. Die wichtigste Quelle topographischer Gegebenheiten für ein GIS stellt ein digitales Höhenmodell (Digital Elevation Model) dar.

Der Begriff digitales Höhenmodell wird als Überbegriff verwendet und subsumiert das digitale Geländemodell (Digital Terrain Model), das die natürliche Erdoberfläche abbildet sowie das digitale Oberflächenmodell (Digital Surface Model), das die natürliche Erdoberfläche sowie die darauf befindlichen Objekte abbildet (Bebauung, Straßen, Bewuchs, Gewässer usw.). (Heinz-Josef Lücking, 2018)

Ein digitales Geländemodell hat üblicherweise ein Rasterformat und beinhaltet eine Höheninformation je Rasterzelle. Mögliche Formate sind: ascii, tif, grid (das proprietäre ESRI-Format). Die Aussagekraft eines digitalen Höhenmodells hängt sehr stark von der Auflösung (d.h. der Rastergröße) ab. (Mummenthey, 2015)

Die digitalen Höhenmodelle für die praktischen Beispiele wurden aus zwei Quellen bezogen: Zum einen wurde ein Ausschnitt des digitalen Höhenmodells EU DEM (LAEA) der Europäischen Kommission verwendet, das im Rahmen des Kopernikus-Programmes der EU erstellt wurde. Es ist ein Produkt aus SRTM- und Aster GDEM-Daten und liegt für ganz Europa mit einer Auflösung von 25 m im projizierten Koordinatensystem ETRS89_LAEA als GeoTIFF vor. Es handelt sich, wenn auch die Angaben dazu auf der Webseite nicht ganz eindeutig sind, laut Metadaten um ein digitales Oberflächenmodell („representing the first surface as illuminated by the sensors“). (Eurostat, 2010)

Dass es sich hier um ein Oberflächenmodell handelt, ist nicht ideal, es wird jedoch in Ermangelung anderer Daten verwendet, da es in dieser Arbeit vor allem um die Demonstration der Vorgangsweise und nicht um die Ergebnisse selbst geht.

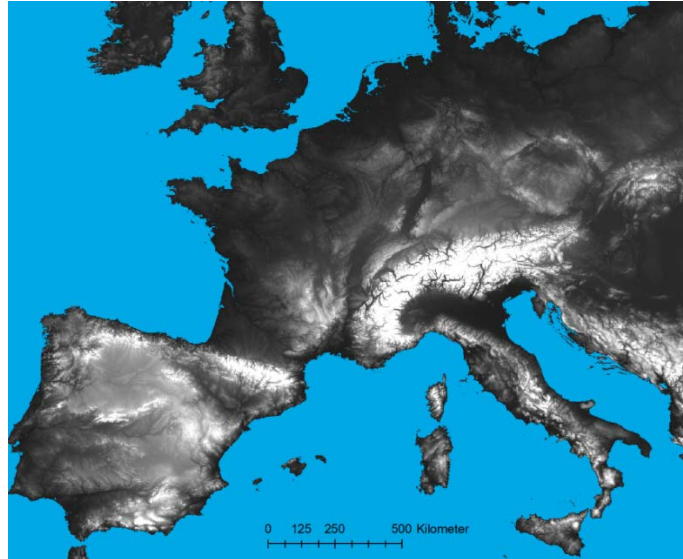


Abbildung 38: Ausschnitt aus dem EU DEM (LAEA) (Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung

Für zwei Teilgebiete in Frankreich, das Département Dordogne und zum Vergleich das Département Ariège, wurde ein digitales Höhenmodell in einer Auflösung von 5 m für detaillierte Analysen verwendet. Es stammt vom Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) und steht in Form von ascii-Dateien zur Verfügung. Es wurde aus Lidar-Daten erstellt und hat das für Frankreich typische Koordinatensystem RGF93 Lambert 93. Es handelt sich hierbei um ein digitales Geländemodell. (IGN, 2012)

Die einzelnen ascii-Dateien wurde mittels des Werkzeugs „Mosaik zu neuem Raster“ zusammengefügt und im tif- bzw. ESRI-proprietären Gridformat abgespeichert.

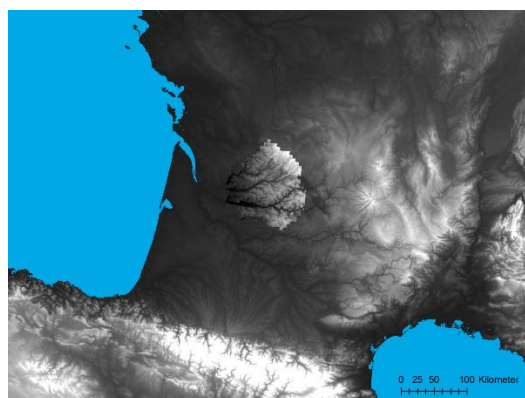


Abbildung 39: digitales Höhenmodell IGN auf EU DEM (LAEA) (Eurostat, 2010; IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Die **thematischen Daten**, d.h. Daten über die Fundstellen, wurden ebenfalls aus zwei Quellen bezogen:

Der **erste Datensatz** stammt aus „Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glaciation“ (van Andel and Aiello, 2003), das sich mit dem Aufeinandertreffen von modernen Menschen und Neandertalern in Europa befasst und zu ergründen sucht, warum die einen überlebten und sich ausbreiteten, die anderen sich jedoch zurückzogen und schließlich ausstarben.

Es enthält Daten über Skelettfunde für einen Zeitraum zwischen 65.000 und 22.000 calBP (bis zum Jahr 2000) sowie Daten über das Klima und die Vegetation dieser Zeit, da der Einfluss des Klimas auf die jeweiligen Lebensbedingungen auch Gegenstand der Untersuchungen war. Da die Klimadaten aus z.B. Eisbohrkernen nur in Kalenderjahren vorliegen, wurden die Daten der Skelettfunde, die ursprünglich in C14-Jahren vorlagen, in Kalenderjahre umgerechnet bzw. kalibriert. Das Alter der Funde der verschiedenen Kulturen (Moustérien wird den Neandertalern, Aurignacien und Gravettien werden dem modernen Menschen zugeschrieben) wurden in 4000er Jahres-schritten unterteilt. Sie können so gut verschiedenen Klimaepochen zugeordnet werden. (van Andel and Aiello, 2003)

Für das Untersuchungsgebiet ergaben sich insgesamt 202 Skelettfunde, 83 für das Moustérien, 66 für das Aurignacien und 53 für das Gravettien.

Die vorliegenden Daten wurden eingescannt und mittels Texterkennung in manipulierbare Daten umgewandelt. Sie wurden je Kultur, ergänzt um ein Feld für die jeweilige Zeit, als csv-Datei in ArcMap eingelesen und in eine shp-Datei umgewandelt.

Der Datensatz wurde in der Folge für die Anwendung in den praktischen Beispielen in die beiden Koordinatensysteme, in denen die digitalen Höhenmodelle vorliegen, umprojiziert.

Die Analysen bzw. Modellierungen und Visualisierungen erfolgen jeweils im Koordinatensystem der digitalen Höhenmodelle, da es beim Umprojizieren von Rasterdaten zu Verzerrungen kommen kann. (Mummenthey, 2015)

Der **zweite Datensatz** stammt aus der Veröffentlichung „Mapping the expansion of the Northwest Magdalenian“ (Miller, 2012), die sich der Wiederbesiedelung Nordwesteuropas nach dem letzten glazialen Maximum während verschiedener Klimaphasen im Magdalénien widmet.

Die Daten entstammen der „Radiocarbon Palaeolithic Database version 12“ und enthalten 890 Funde in einem Zeitraum zwischen 20.000 und 11.500 calBP nördlich der Pyrenäen ab Beginn der Deglaziation bis zum Auftauchen neuer Technokomplexe am Übergang zwischen Pleistozän und

Holozän. In dieser Zeit begannen die Menschen, sesshaft zu werden. Die ursprünglich in C14-Jahren vorliegende Datierung wurde bereits kalibriert. Die Funde liegen also in kalibrierten Kalenderjahren calBP für die einzelnen Klimaphasen vor. (Miller, 2012)

Dadurch ist es möglich, die Auswirkungen des Klimas auf die Siedlungsaktivitäten der Menschen zu ermitteln.

Die Daten lagen im kml- bzw. kmz-Format vor und wurden mithilfe des Konversionswerkzeugs „KML in Layer“ umgewandelt, exportiert und in die Koordinatensysteme, in denen die digitalen Höhenmodelle vorliegen, umprojiziert und um ein Feld mit der Zeitangabe ergänzt.

Für die Durchführung der praktischen Beispiele wurde die **GIS-Software** von ESRI, ArcMap und ArcScene sowie ArcGlobe (ArcGIS 10.4 for Desktop) verwendet. Der Einsatz von OpenSource Software wie QGIS oder GRASS GIS wäre ebenso möglich gewesen.

Weiters kam MicroDEM in der Version 2018.9.16.21 zum Einsatz. Es wurde für die US-Armee entwickelt und stellt Funktionen zur Geländeanalyse und Geomorphometrie zur Verfügung. (Winkler, 2010)

Die frei verfügbare Bibliothek GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) für die Verwaltung und Analyse von räumlichen Daten in der Version 2.2.3 wurde ebenfalls verwendet. (GDAL, 2019)

2.2 Analyse, Modellierung und Visualisierung

Anhand der nachfolgenden Beispiele soll demonstriert werden, wie man GIS im Zusammenhang mit urgeschichtlichen Fragestellungen anwenden kann und welche Ergebnisse möglich sind. Dabei steht nicht die endgültige Klärung der Fragestellung im Vordergrund, sondern die Art und Weise, wie man diese mit GIS behandeln kann.

Die Übergänge zwischen Analyse, Modellierung und Visualisierung sind in den Beispielen fließend und lassen sich nicht immer hundertprozentig voneinander abgrenzen. Nicht selten ist das eine Voraussetzung für das andere: beim ersten Beispiel ist die Modellierung des SCA Voraussetzung für die Analyse der Geländevariabilität, beim zweiten ist die Punktanalyse Voraussetzung für die Modellierung der Dichteoberfläche. Die Visualisierung findet bei beiden Beispielen Anwendung, sowohl zur Untermauerung der Fragestellung als auch zur Veranschaulichung der Ergebnisse.

2.2.1 Beispiel 1: Neandertaler und moderne Menschen

Beim ersten Beispiel liegt der Schwerpunkt auf der Analyse. Modellierung und Visualisierung kommen ebenfalls zum Einsatz.

Ein wichtiges Ereignis bei der Besiedelung Europas durch Menschen stellt das Aufeinandertreffen von Neandertalern und modernen Menschen dar. Viele Fragen im Zusammenhang mit diesem Ereignis sind bis heute ungeklärt und Gegenstand zahlreicher Untersuchungen und Studien. Dass die beiden Menschenarten sich vermischt haben, ist aufgrund genetischer Untersuchungen unbestritten. Wie aber die Lebensbedingungen aussahen und wie Neandertaler und moderne Menschen sich abseits der Genetik unterschieden, ist bis heute ungeklärt. Die Unterschiede sind auch besonders deshalb von Interesse, da die eine Menschenart ausstarb, die andere sich aber über die ganze Erde verbreitete. (van Andel and Aiello, 2003)

Was die Lebensbedingungen angeht, besteht die These, dass sich die unmittelbaren Lebensräume von Neandertalern und modernen Menschen hinsichtlich ihrer topographischen Eigenschaften unterschieden und sie unterschiedliche ökologische Nischen nutzten. Wie schon Vaquero et al. bemerkten, ist es nicht nur der Breitengrad („Latitude“), der Unterschiede in der geographischen Verteilung von Fundstellen erkennen lässt, auch die Höhenlage („Altitude“) war seiner Meinung nach bei Neandertalern und modernen Menschen unterschiedlich. (Vaquero et al., 2006)

Laut Henry et al. lebten Neandertaler in einem anderen Terrain als moderne Menschen. Neandertaler hatten ein kleineres Einzugsgebiet als moderne Menschen, sie waren langsamer, hatten kürzere Beine und mehr Muskeln. Sie jagten auf kurze Distanz aus dem Hinterhalt und brauchten daher Schutz zum Anschleichen, der in der Ebene nicht gegeben war. Moderne Menschen hingegen konnten sich im offenen Gelände länger und schneller bewegen und verfügten über Distanzwaffen, die auch längere Jagden in der Ebene ermöglichten. Geht man davon aus, dass Neandertaler andere Jagdstrategien verfolgten als moderne Menschen und auf kurze Distanz aus dem Hinterhalt jagten und daher auch Deckung benötigten, während moderne Menschen über Distanzwaffen verfügten, so kann man davon ausgehen, dass sich Unterschiede in der Einsehbarkeit der sie umgebenden Fläche ergeben, die aus der Topographie und dem Bewuchs resultieren. (Henry et al., 2016)

Neandertaler bevorzugten demnach höhere, hügelige oder felsige Gegenden mit einer differenzierteren und abwechslungsreicheren Oberfläche, größerer Variabilität und Biodiversität, während sich moderne Menschen auch bzw. bevorzugt in Ebenen niederließen. Untersucht wurde dies anhand von Funden in der Levante, während einer kälteren Klimaphase, als die Levante großflächig bewaldet war. (Henry et al., 2016)

Während Vaquero et al. ebenfalls, so wie Henry et al., die Vermutung äußerten, dass sich Neandertaler in höheren Gegenden und anderen Ökosystemen aufhielten und weniger mobil waren als moderne Menschen (diese Vermutung wurde auf Basis der Fundstellen auf der Iberischen Halbinsel angestellt), konnten (van Andel and Aiello, 2003) bei ihrer Untersuchung über den Lebensraum der Neandertaler und der modernen Menschen in Europa keine Höhenunterschiede erkennen, ebenso wenig unterscheidet sich ihrer Meinung nach das Relief, in dem moderne Menschen siedelten, von jenem, das Neandertaler bevorzugten. (Vaquero et al., 2006; Henry et al., 2016)

Die **Visualisierung** von Fundstellen im Bereich der heutigen Dordogne lässt zumindest erkennen, dass die Wiederbesiedelung von Fundstellen von modernen Menschen durch moderne Menschen, auch wenn sie einer anderen Kultur zugeordnet werden, deutlich häufiger stattgefunden hat als die Wiederbesiedelung von Fundstellen der Neandertaler durch moderne Menschen. Menschen der Kultur des Gravettien wählten oft ehemalige Siedlungsplätze von Menschen der Aurignacien-Kultur, während jene der Menschen des Moustérien selten von modernen Menschen wiederbesiedelt wurden. Das lässt darauf schließen, dass moderne Menschen jeglicher Kultur andere Ansprüche an ihre Siedlungsplätze hatten.

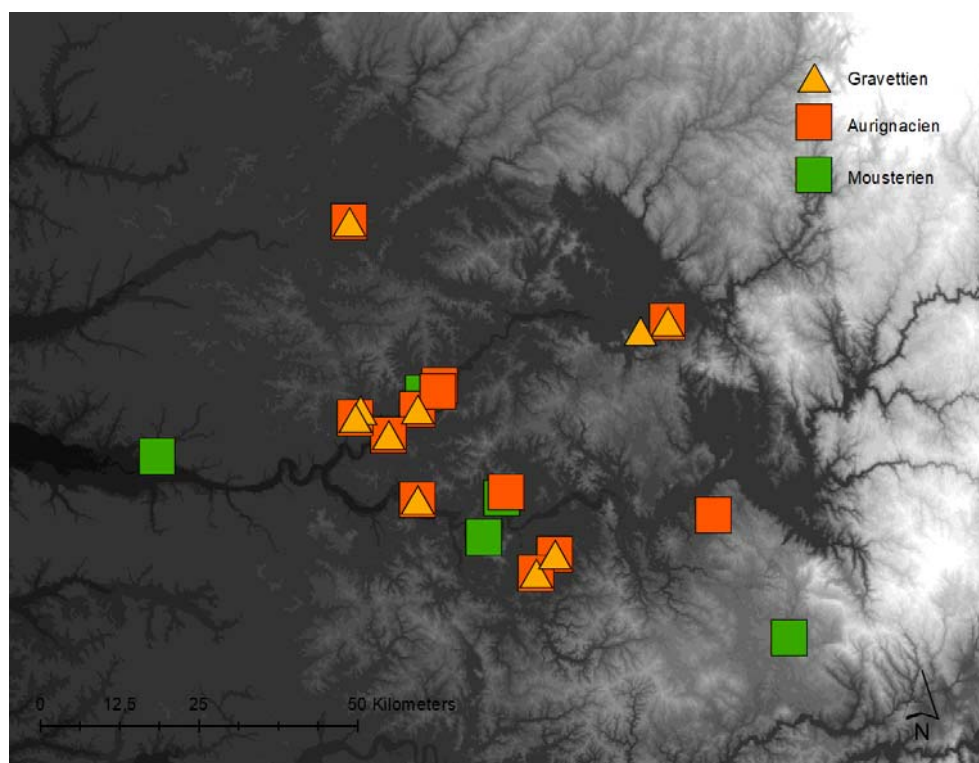


Abbildung 40: Wiederbesiedelung (van Andel and Aiello, 2003; Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung, (die Kultur des Moustérien wird den Neandertalern zugeordnet, die Kulturen des Aurignacien und Gravettien den modernen Menschen)

Klima und Umwelt: Als moderne Menschen nach Europa kamen und auf die Neandertaler trafen, herrschte in Europa die Weichsel-bzw. Würmkaltzeit (die Würm-Kaltzeit hatte in den Alpen den Namen Weichseleiszeit). Nachdem es vor ca. 65.000 Jahren ein glaziales Maximum gegeben hatte, herrschte eine relative stabile Warmphase, bevor es vor ca. 37.000 Jahren zu einer Abkühlung kam, die vor 25.000 Jahren im letzten glazialen Maximum endete. Dazwischen gab es immer wieder sehr heftige und kurze Klimaschwankungen, die sogenannten Dansgaard-Oeschger-Ereignisse. (van Andel and Aiello, 2003)

Neandertaler, die sogenannten „Eiszeitjäger“ waren zwar rein körperlich besser an kälteres Klima angepasst, laut van Andel und Aiello waren jedoch moderne Menschen, insbesondere Menschen der Epoche des Gravettien, immer besser in der Lage, sich auch an kälteres Klima anzupassen und mit Klimaschwankungen umzugehen. Zu der Zeit, als die Neandertaler ausstarben, gab es in Europa die heftigsten Klimaschwankungen seit langer Zeit. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass moderne Menschen der Kultur des Aurignacien ebenfalls zum letzten glazialen Maximum verschwanden und durch die anpassungsfähigeren Menschen der Gravettien-Kultur ersetzt wurden (beide Kulturen existierten eine gewisse Zeit parallel neben einander). (van Andel and Aiello, 2003)

Auch der Umstand, dass mit dem Beginn der Abkühlung die üppige Vegetation verschwand und durch lichte Tundra ersetzt wurde, dürfte den Neandertalern bei ihrer Jagdstrategie nicht geholfen haben. Sie jagten auf kurze Distanz, die Vegetation bot ihnen die nötige Deckung. Moderne Menschen hingegen waren gewohnt auf freien Flächen über weite Strecken zu jagen. Als es zu einer durch das Klima bedingten Änderung der Vegetation kam, begann die Zahl der Neandertaler abzunehmen, da sich die Jagdbedingungen für sie verschlechtert hatten, während die Zahl der modernen Menschen durch die für sie günstigeren Bedingungen zunahm. (Staubwasser et al., 2018)

Für das erste Beispiel, bei dem anhand des ersten thematischen Datensatzes (van Andel and Aiello, 2003) topographische Unterschiede zwischen den Lebensräumen der Neandertaler und der modernen Menschen untersucht werden sollen, ergeben sich folgende theoretische Fragestellungen, die durch Instrumente von GIS untersucht werden können:

- Wie lässt sich die Höhenlage der Fundstellen der Neandertaler und der modernen Menschen sowie die Reaktion auf sich ändernde klimatische Verhältnisse ermitteln?
- Welche Instrumente von GIS kann man anwenden, um die Geländevariabilität zu untersuchen und zu quantifizieren?
- Wie kann man die Sichtverhältnisse analysieren und quantifizieren?

Durchgeführt wird diese erste Beispiel für ein Gebiet in Westeuropa, das im Wesentlichen einen Teil des heutigen Frankreich und die Iberische Halbinsel umfasst.

2.2.1.1 Höhenlage der Fundstellen

Es ist zweifellos möglich, die Höhe von verschiedenen Fundstellen, deren Koordinaten bekannt sind, individuell zu eruieren und zu vergleichen. Dies ist jedoch mithilfe des digitalen Höhenmodells weitaus einfacher und schneller möglich.

Es soll hier demonstriert werden, wie mit GIS unkompliziert aus dem Höhenmodell die Höhenlage der Funde der verschiedenen Kulturen in den verschiedenen Klimaphasen ermittelt werden kann und wie man statistische Angaben zu den ermittelten Werten erhält. Dazu werden alle Funde herangezogen, die in einer Zeit liegen, als sowohl Neandertaler als auch moderne Menschen Europa besiedelten: von 47.000 calBP bis 22.000 calBP.

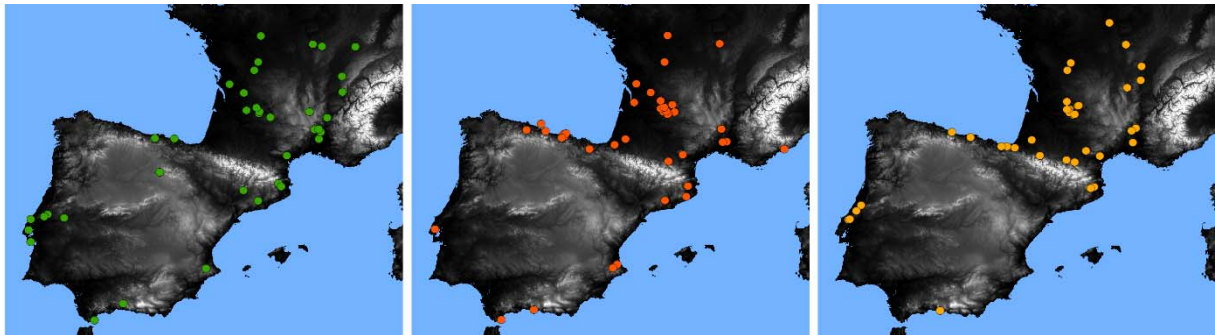


Abbildung 40: alle Funde von 47.000 - 22.000 calBP, grün: Moustérien, orange: Aurignacien, gelb: Gravettien (van Andel and Aiello, 2003; Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung

Die Höhe von koordinativ bekannten Punkten (Fundstellen) kann durch die zwei Werkzeuge „Oberflächeninformationen hinzufügen“ und „Shape interpolieren“ des 3D Analyst einfach aus einem digitalen Höhenmodell gewonnen werden. Während bei der ersten Methode die Feature Data Class-Tabelle der Funddatei lediglich um ein Feld mit der Höheninformation des zugrundeliegenden digitalen Höhenmodells ergänzt wird, werden bei der zweiten Methode neue 3D-Features durch Hinzufügen der z-Koordinate des digitalen Höhenmodells erstellt, die in der Folge auch zur dreidimensionalen Visualisierung verwendet werden können. (ESRI, 2018b)

Zusätzlich können sofort statistische Informationen wie Mittelwert, höchster und niedrigster Wert etc. abgefragt werden.

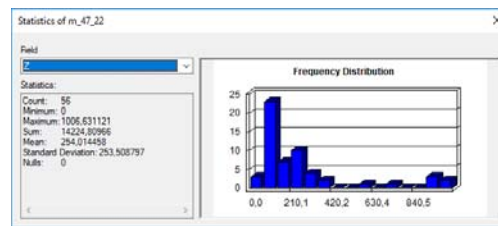


Abbildung 41: Statistische Auswertung der Höhen der Fundstellen des Moustérien zwischen 47.000 und 22.000 calBP

Um einen eventuellen Einfluss des Klimas auf die Höhe der Fundstellen zu untersuchen und damit feststellen zu können, ob es je nach Kultur unterschiedliche Reaktion auf die Veränderungen der Klimabedingungen gab, wurden die Funde der einzelnen Kulturen grob in folgende Klimaphasen nach (van Andel and Aiello, 2003) eingeteilt und einzeln ausgewertet: 47.000 calBP - 38.000 calBP: Übergangszeit warm (a), 37.000 calBP - 26.000 calBP: Übergangszeit kalt (b), 25.000 calBP - 22.000 calBP: letztes glaziales Maximum (c).

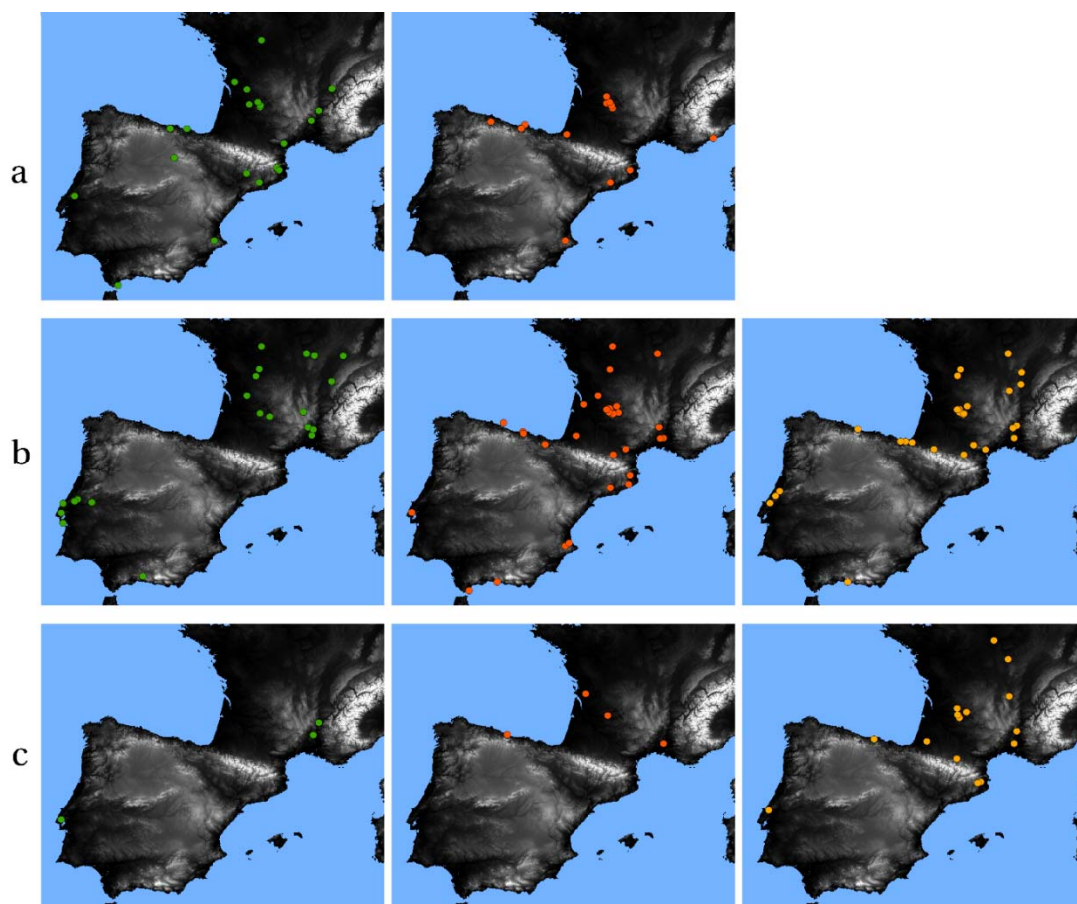


Abbildung 42: Funde in den verschiedenen Klimaphasen, grün: Moustérien, orange: Aurignacien, gelb: Gravettien; die Gravettien-Kultur existierte erst ab ca. 33.000 calBP innerhalb des Untersuchungsgebietes (van Andel and Aiello, 2003; Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung

Hinsichtlich des Breitengrades zeigt sich hier, dass es zur Zeit des letzten glazialen Maximums nördlich des 45. Breitengrades keine Funde der Kultur des Moustérien mehr gab. Das kann verschiedene Ursachen haben: entweder die Neandertaler reagierten tatsächlich empfindlicher auf langanhaltende Kälteperioden oder sie waren kurz vor ihrem Verschwinden bereits zu sehr dezimiert.

Während sich in Phase a (Übergangszeit warm) die Neandertaler in großen Teilen des Untersuchungsgebietes aufhielten, begannen die modernen Menschen der Aurignacien-Kultur erst ihre Ansiedelung in Europa. In Phase b lässt sich ein relativ gleichmäßiges Bild aller Kulturen erkennen. Zur Zeit des letzten glazialen Maximums (Phase c) lassen sich nur noch vereinzelte Spuren der Kultur der Neandertaler finden und auch die erste Kultur der modernen Menschen, das Aurignacien, scheint von der Gravettien-Kultur abgelöst worden zu sein. Dies kann daran liegen, dass die Menschen des Gravettien tatsächlich durch kulturelle Errungenschaften besser in der Lage waren, sich an unterschiedliche Umweltbedingungen und damit auch kältere Klimaphasen anzupassen.

Was die tatsächliche Höhenlage der Fundstellen angeht, zeigt die nachfolgende Tabelle:

Tabelle 5: durchschnittliche Höhenlage der Funde der einzelnen Kulturen, (van Andel and Aiello, 2003; Eurostat, 2010), eigene Bearbeitung

	47.000-22.000 calBP (gesamt)	47.000-38.000 calBP Übergangszeit warm - a	37.000-26.000 calBP Übergangszeit kalt - b	25.000-22.000 calBP letztes glaziales Maximum - c
Moustérien	254,0 m	264,4 m	242,1 m	256,1 m
Aurignacien	198,2 m	240,0 m	197,4 m	160,4 m
Gravettien	192,0 m (ab 33.000 calBP)	Noch keine vorhanden	184,8 m (ab 33.000 calBP)	208,8 m

Im Durchschnitt liegen die Funde der Neandertaler höher als jene der modernen Menschen. Die Funde der Neandertaler der Kultur des Moustérien zeigen während der verschiedenen Klimaphasen kaum Unterschiede, was ihre Höhenlage angeht, während die Höhe der Funde der modernen

Menschen des Aurignacien mit zunehmender Kälte abzunehmen scheint. Bei modernen Menschen des Gravettien lässt sich diese Tendenz nicht erkennen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass es hier hauptsächlich darum geht zu zeigen, wie die Werkzeuge von GIS für Fragen der Urgeschichte angewendet werden können. Die tatsächliche Interpretation der Ergebnisse muss Experten der Urgeschichte überlassen werden.

Dazu sei noch erwähnt, dass letzte Forschungen die Vermutung nahelegen, dass es bei der Datierung von Funden von Neandertalern zu Datierungsfehlern kam und sie eventuell schon früher ausstarben, d.h. dass die Zeit der Überlappung mit modernen Menschen kürzer war als noch bei van Andel und Aiello angenommen. (van Andel and Aiello, 2003; Devière et al., 2017)

2.2.1.2 Geländeveriabilität

Im zweiten Schritt soll demonstriert werden, welche Möglichkeit ein modernes GIS bietet, um die Geländeveriabilität zu untersuchen, indem z.B. die Höhenunterschiede, die Neigung und die Ausrichtung berechnet und analysiert werden. Auch die Sichtbarkeit vermag bis zu einem gewissen Grad Aufschluss darüber zu geben, wie ebenmäßig oder abwechslungsreich ein Gelände gestaltet ist.

Durchgeführt wird diese Demonstration anhand einer Open Air-Fundstelle der Kultur des Moustérien, Barbas III, die den Neandertalern zugerechnet wird. Sie wird auf eine Zeit zwischen 47.000 calBP und 43.000 calBP datiert. In dieser Zeit besiedelten moderne Menschen erstmals Europa. Barbas III befindet sich auf dem Gebiet der heutigen Gemeinde Creysse östlich von Bergerac auf einer 50 m hohen Terrasse auf der linken Seite des Dordogne-Tales. Es handelt sich um eine Fundstelle, an der zumindest in zwei verschiedenen Schichten Überreste der Moustérien-Kultur gefunden wurden. An dieser Fundstelle wurden verschiedene Tätigkeiten, die für das Überleben einer Gruppe wichtig sind (Tierhaut- und Knochenbearbeitung, Holz- und Pflanzenverarbeitung etc.), ausgeübt, und sie wurde über einen längeren Zeitraum genutzt. Unter den Fundstücken fanden sich z.B. Überreste von Jagdwaffen und Fleischverarbeitung. (van Andel and Aiello, 2003; Ortega et al., 2006)

Will man das Gebiet abgrenzen, für welches die Geländeveriabilität ermittelt wird, so bietet sich das Konzept der **Site Catchment Area** an, um den Einzugsbereich um die Fundstelle und somit das Gebiet abzugrenzen, innerhalb dessen die Geländeveriabilität von Interesse ist. Die Modellierung der Site Catchment Area stellt daher die Grundlage der Analyse der Geländeveriabilität dar.

Der Unterschied der Größe der Einzugsgebiete von Neandertalern und modernen Menschen aufgrund der etwas geringeren Geschwindigkeit der Neandertaler wird hier vernachlässigt, und es wird der Abgrenzung der SCAs jeweils die Entfernung zugrunde gelegt, die ein moderner Mensch in zwei Stunden in Abhängigkeit von der Neigung des Geländes zurücklegen würde.

Flüsse und andere mögliche Barrieren wurden bei der Abgrenzung der SCA in diesem Fall nicht berücksichtigt, da es sich um eine beispielhafte Analyse handelt und der damalige Verlauf der Flüsse nicht mit jenem von heute übereinstimmen muss.

Hierbei wird die SCA isotropisch, d.h. unabhängig von der Richtung ermittelt. Die Wege führen nicht nur von der Fundstelle und zu ihr zurück, sondern auch in verschiedene Richtungen innerhalb des Gebietes, sodass sich Vor- und Nachteile der verschiedenen Richtungen und damit Neigungen oder Gefälle aufheben. (Coolen, 2015)

Die Ausgangsdaten für die Erstellung der Site Catchment Area stellen das digitale Höhenmodell sowie die shp-Datei mit dem Ausgangspunkt (Fundstelle) dar. Zunächst wird mit dem Werkzeug „Neigung“ des Spatial Analyst die Neigung jeder Zelle in Grad errechnet, um darauf aufbauend eine Geschwindigkeit für die Durchquerung der Zellen ermitteln zu können. Als Basis für die Berechnung der Durchquerungsgeschwindigkeit in jeder Zelle dient „Toblers Hiking Function“ (andere Modelle wären ebenso möglich). (Seubers, 2014)

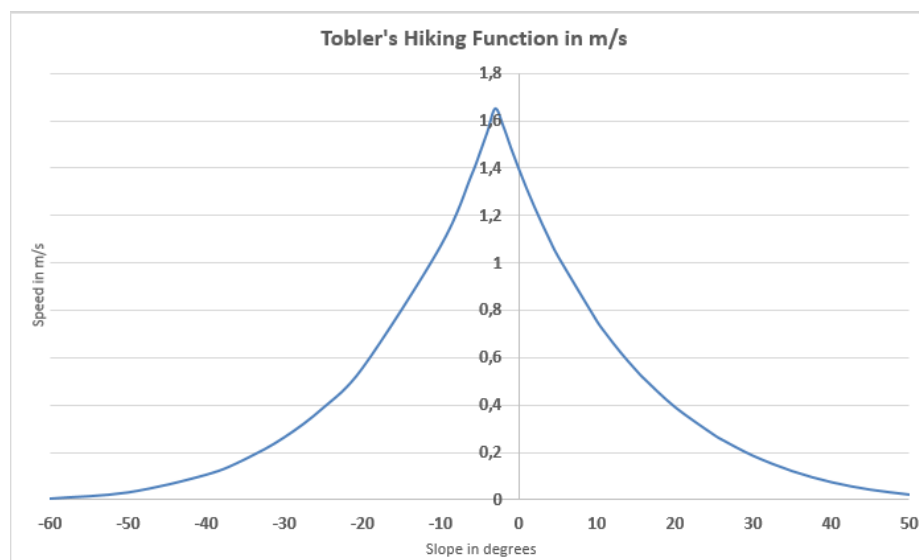


Abbildung 43: Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Neigung (Seubers, 2014)

Durch die Funktion „Reklassifizieren“ wird die Neigungsraasterdatei in eine „Kostenraasterdatei“ (Zeit, die für die Durchquerung der Zelle, basierend auf der ermittelten Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Neigung, benötigt wird) umgerechnet. Die Multiplikation mit 200 erfolgt vorübergehend, um ganze Zahlen zu erhalten.

Class degree	AVG s/m	Used integer (*200)
0 to 1	0,71474773	143
1 to 3	0,711423519	142
3 to 5	0,731655901	146
5 to 7	0,82737428	165
7 to 10	0,965258765	193
10 to 15	1,238977868	248
15 to 20	1,771792714	354
20 to 25	2,486743467	497
25 to 35	4,429883363	886

Abbildung 44: Tabelle für „Reclassify“ (Seubers, 2014)

Ausgehend von der Zeit, die für die Durchquerung der Zellen ermittelt wurde, kann mithilfe des Werkzeugzugs „Raster berechnen“ ermittelt werden, wieviele Zellen man in jede Richtung innerhalb von zwei Stunden durchschreiten kann, und man kann die Site Catchment Area abgrenzen.

In der Folge wurde das digitale Höhenmodell an der Site Catchment Area geclippt.

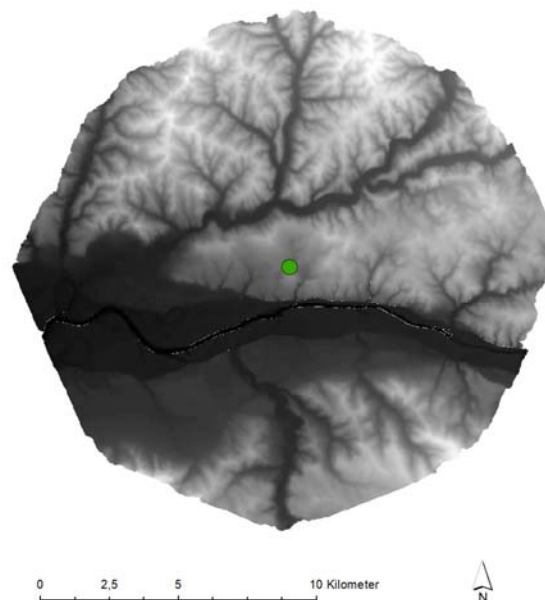


Abbildung 45: SCA (digitales Höhenmodell) um die Fundstelle Barbas III (grüner Punkt) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Hat man die SCA innerhalb des digitalen Höhenmodells abgegrenzt, geht es darum, wie man mit Hilfe von GIS Fragen zur Geländevariabilität untersuchen und quantifizieren kann. Man geht davon aus, dass sich die Geländevariabilität der Einzugsbereiche der Neandertaler von jenen der modernen Menschen unterscheidet.

Welche Kriterien der Landschaft lassen einen Rückschluss darauf zu, ob ein Gelände eine hohe Variabilität (und damit eine große Vielfalt an unterschiedlichen Biotopen) aufweist oder nicht?

Als erstes Kriterium kommt einem die Höhe bzw. der Höhenunterschied und die daraus resultierende sogenannte Reliefenergie innerhalb eines Gebietes in den Sinn. Ein großer Höhenunterschied allein vermag jedoch noch nicht viel über die Geländevariabilität auszusagen, kann er sich doch auch nur über eine einzige Neigung auf einer Fläche ergeben. (LU, 2008)

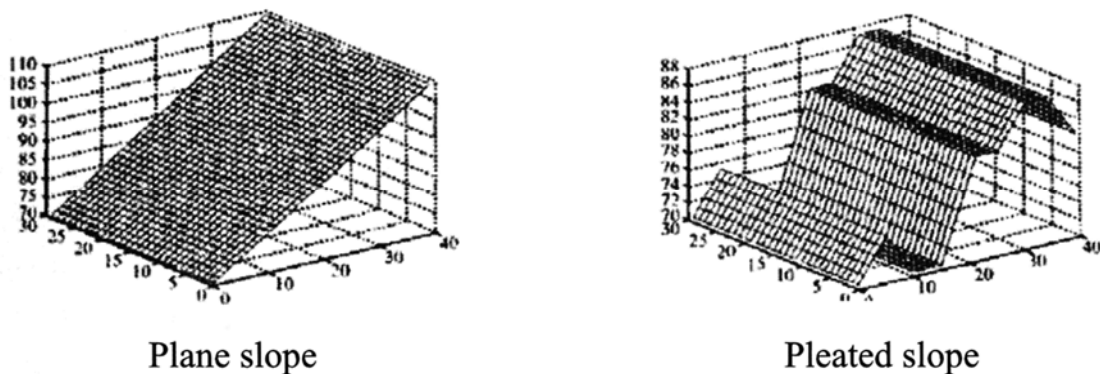


Abbildung 46: Höhenunterschiede und Reliefenergie (LU, 2008)

Obwohl der Höhenunterschied in beiden Landschaften gleich groß und damit die Reliefenergie ebenfalls gleich ist, ist die Komplexität der zweiten Landschaft eindeutig sehr viel größer.

Auch die Neigung allein sagt, wie Abb. 46 zeigt, noch nicht sehr viel mehr über die Geländevariabilität aus, ebenso wenig wie, allein betrachtet, die Ausrichtung des Geländes. Aussagekraft hingegen besitzt die Änderung dieser drei Faktoren (Höhenunterschiede, Neigung und Ausrichtung) bzw. deren Vielfalt innerhalb der Fläche.

Schon vor der Entwicklung von GIS entwickelte man in der Geomorphologie mit der Geomorphometrie Methoden, wie man die Beschaffenheit einer Geländeoberfläche beschreiben und klassifizieren bzw. messen kann (z.B. Reliefenergie basierend auf Höhenunterschieden).

Als Geomorphologie bezeichnet man die Wissenschaft der Formen der Erdoberfläche. Es geht dabei jedoch nicht nur um die Formen und deren Beschreibung selbst, sondern auch darum, wie diese Formen entstanden sind (z.B. durch Vulkanismus oder Erdbeben). (Österreichische Forschungsgruppe für Geomorphologie und Umweltwandel, 2018)

Die Geomorphometrie wiederum ist ein Teilgebiet der Geomorphologie:

„Die Geomorphometrie beschäftigt sich mit der quantitativen Beschreibung und Analyse der Erdoberfläche. Zu diesem Zweck werden aus digitalen Geländemodellen (DGM) verschiedene Geländeparameter abgeleitet. Neigung, Exposition und Krümmung (Krümmung) des Geländes gehören zu den Informationen, die am häufigsten aus Geländemodellen extrahiert und in verschiedensten Anwendungen eingesetzt werden.“ (Reudenbach and Schulze, 2013)

Die Geomorphometrie liefert Maßzahlen zur Ermittlung der Reliefenergie, welche Auskunft über die Beschaffenheit einer Geländeoberfläche zu geben vermag.

„Mit Reliefenergie bezeichnet man die Häufigkeit und Stärke der Höhenunterschiede in einem Teil der Oberfläche, einer Region oder in einem Landschaftstyp. Die Reliefenergie ist ein Indikator für die Lebhaftigkeit oder Zerrissenheit der Oberfläche. (...)

Der neuerdings verwendete Begriff ‚relatives Relief‘ weist darauf hin, dass die Höhenvariation auf eine Bezugsfläche im Untersuchungsgebiet bezogen wird, etwa ein Quadrat oder ein Polygon.“ (Rase, 2016)

Bevor GIS zum Einsatz kamen, verwendete man für die Berechnung der Reliefenergie analoge Karten mit Höhenlinien und Höhenangaben. Das Verfahren war relativ einfach. Entweder wurden für bestimmte Flächeneinheiten die Differenzen zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Punkt ermittelt; für jede Flächeneinheit kann dann die lokale Reliefenergie (je größer der Höhenunterschied, desto größer ist die Reliefenergie) ermittelt werden und für die Gesamtfläche in einem Histogramm visualisiert werden. Oder aber man ermittelte die Reliefenergie dadurch, dass man die durchschnittliche Steilheit je Flächeneinheit errechnete. Je höher die durchschnittliche Steilheit, desto größer ist die Reliefenergie. In beiden Fällen ist das Ergebnis stark abhängig von der Größe der Bezugsflächeneinheiten und deren Positionierung. (Rase, 2016)

Die Reliefenergie allein besitzt jedoch, wie bereits erwähnt, nicht genügend Aussagekraft hinsichtlich der Geländevariabilität. Um die Geländevariabilität bzw. die Komplexität einer Oberfläche beurteilen zu können, müssen weitere Eigenschaften einer Landschaft (wie Neigung und Ausrichtung und deren eventuelles Wechselspiel) untersucht werden.

Im Folgenden wird erläutert, wie man die Geländeeigenschaften Höhenunterschied, Neigung und Ausrichtung ermitteln und quantifizieren kann, um Aussagen über die Geländevariabilität treffen zu können. Auf die Ermittlung der Krümmung, die einen weiteren Index für die Ermittlung der Geländevariabilität darstellen kann, wird hier verzichtet, da deren Ausprägung (konkav, konvex) wahrscheinlich wenig tatsächlichen Einfluss auf die wahrgenommene Geländevariabilität hat. (LU, 2008)

Höhenunterschied: Da es, um Aussagen über die Geländevariabilität treffen zu können, wenig zielführend ist, den Höhenunterschied z.B. in der gesamten SCA zu ermitteln, wird das sogenannte relative (lokale) Relief ermittelt. Dabei werden die Höhenunterschiede auf bestimmten Bezugsflächen (z.B. Quadrate) im Untersuchungsgebiet ermittelt. Aus der lokalen Reliefenergie (dem Unterschied zwischen höchstem und niedrigstem Punkt) der einzelnen Quadrate kann ein Diagramm erstellt werden, das Aussagen über die Verteilung der Höhenunterschiede im Untersuchungsgebiet (hier SCA) gibt. (Rase, 2016)

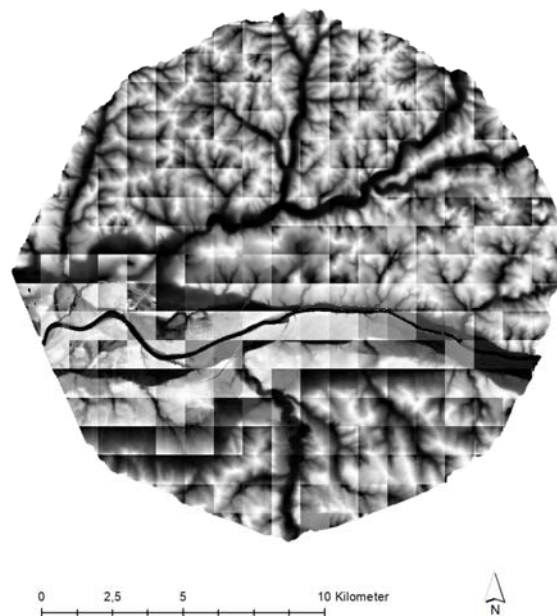


Abbildung 47: mit Hilfe des Werkzeugs „Raster teilen“ in regelmäßige Quadrate unterteilte SCA (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Im Folgenden soll anhand eines Ausschnittes der SCA im unmittelbaren Bereich der Fundstelle Barbas III demonstriert werden, wie die Geländeeigenschaften, die Rückschlüsse über die Variabilität zulassen, ermittelt, analysiert und quantifiziert werden können. Es wird nur ein Ausschnitt der SCA zur Demonstration der Vorgehensweise analysiert, dieser Ausschnitt entspricht einer

Teilkachel (5 km x 5 km), die vom Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) für die Dordogne heruntergeladen wurde.

Die Beschränkung auf diese Kachel ergibt sich auch aus der Tatsache, dass die Software MicroDEM, die in der Folge für die Analyse von Neigung und Ausrichtung verwendet wird, trotz zahlreicher Versuche nur funktioniert, wenn eine unbearbeitete ascii-Datei zum Einsatz kommt.

Für die Ermittlung des durchschnittlichen Höhenunterschieds wird der Ausschnitt mithilfe der Funktion „Raster teilen“ in Quadrate mit 1 km Seitenlänge unterteilt. Innerhalb dieser Quadrate wird die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Punkt ermittelt. Von den Differenzen in den einzelnen Quadraten wird der Mittelwert berechnet, und man erhält so den durchschnittlichen Höhenunterschied (vgl. relative Reliefenergie). Man kann davon ausgehen, dass die Geländevariabilität umso größer ist, desto größer der relative Höhenunterschied im gesamten Untersuchungsgebiet ist.

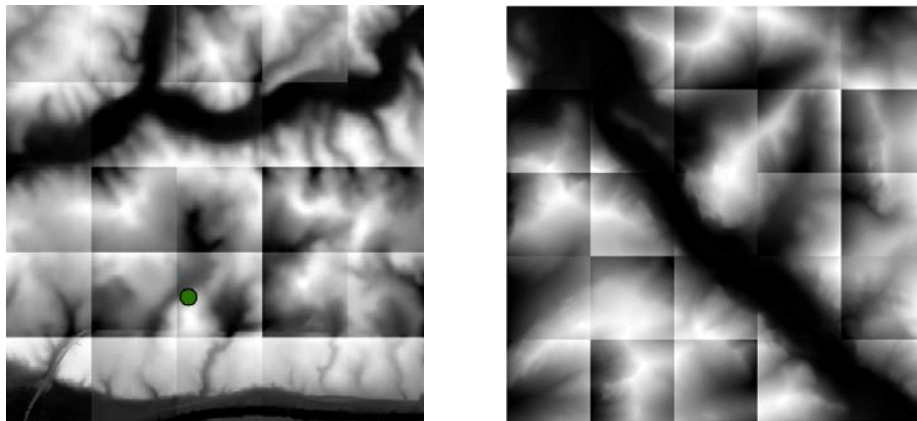


Abbildung 48: in 25 Quadrate zu je 1 km Seitenlänge unterteilter Ausschnitt mit der Fundstelle Barbas III (grün) links, Ariège rechts (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Der Höhenunterschied innerhalb der gesamten Kachel beträgt 122,5 m. Die lokalen Höhenunterschiede der einzelnen Quadrate bewegen sich zwischen 28,93 m und 88,4 m, der durchschnittliche Höhenunterschied (d.h. die relative Reliefenergie) beträgt 61,84 m. Aussagekraft besitzt die relative Reliefenergie jeweils im Verhältnis zum Gesamthöhenunterschied bzw. im Vergleich zu einer anderen Fläche der gleichen Größe und Aufteilung der Quadrate.

Errechnet man die relative Reliefenergie für eine gleich große Fläche in der Ariège, am Fuße der Pyrenäen, so ergibt sich ein Gesamthöhenunterschied der Kachel von 934,26 m. Die Höhenunterschiede der Quadrate liegen zwischen 302,94 m und 753,28 m, der Mittelwert beträgt 501,62 m. Die relative Reliefenergie ist hier deutlich größer.

Eine weitere Möglichkeit, Aussagen über die Geländebeschaffenheit zu treffen, ist der sogenannte Terrain Ruggedness Index (TRI). Ruggedness beschreibt hier die Rauheit einer Oberfläche. Errechnet wird er aus dem mittleren Höhenunterschied zwischen einer zentralen Zelle und den sie umgebenden Zellen. (Riley et al., 1999; GDAL, 2019)

GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) ist eine freie Programmbibliothek für die Verwaltung räumlicher Daten. Sie enthält auch Module zur Analyse und Visualisierung von räumlichen Daten. Mit dem Modul `gdaldem` kann man den TRI für ein digitales Höhenmodell errechnen und darstellen. Man erhält einen Index für die Rauheit eines Geländes. Dieser kann in der Folge für verschiedene Oberflächen verglichen werden. (Winkler, 2010; GDAL, 2019)

```
C:\OSGeo4W64\share\gdal>gdaldem TRI barbas.asc barbas-tri.tiff
0...10...20...30...40...50...60...70...80...90...100 - done.
```

Abbildung 49: Befehlszeile zur Ermittlung des TRI (GDAL, 2019), eigene Bearbeitung

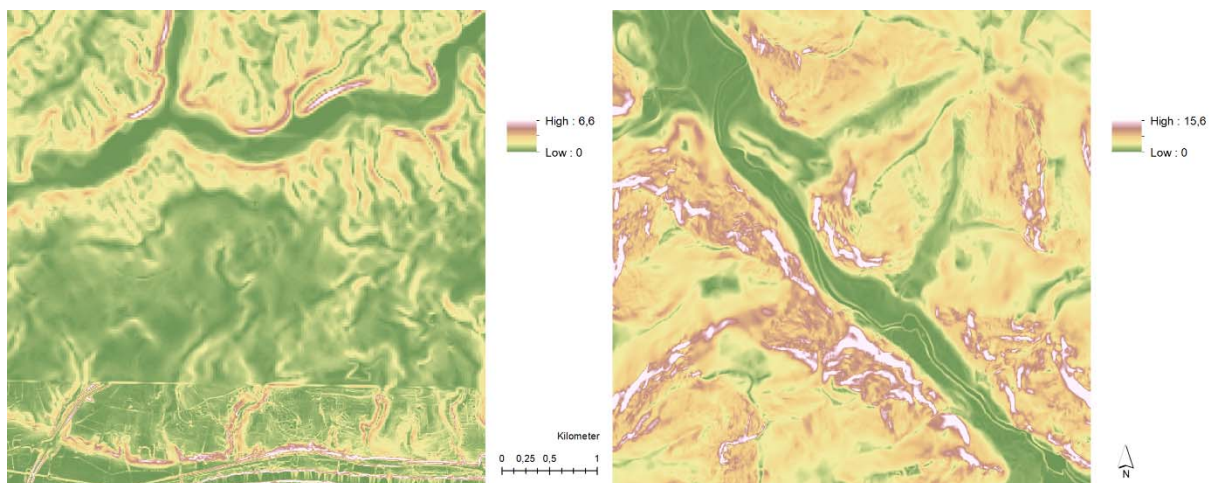


Abbildung 50: Terrain Ruggedness Index für das Gebiet um Barbas III in der Dordogne (links) und für ein Gebiet am Fuße der Pyrenäen (rechts) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Man erkennt deutlich einen Unterschied in den Ausprägungen des TRI zwischen dem Ausschnitt der hügeligen Dordogne und jenem des Ariège, das bereits Teil eines Hochgebirges ist. Während er im ersten Fall unter 7 endet, erreicht er im zweiten einen Wert über 15. Zum Teil dürfte der Unterschied im TRI zwischen diesen beiden Oberflächen auch auf die der Gesamthöhenunterschiede zurückzuführen sein. Es scheint am sinnvollsten zu sein, den TRI für Oberflächen zu vergleichen, die einen ähnlich großen Gesamthöhenunterschied aufweisen.

Um Unterschiede zwischen den Lebensumgebungen der modernen Menschen und der Neandertaler zu finden, würde man z.B. die relative Reliefenergie oder den TRI in den SCAs der verschiedenen Menschenarten vergleichen.

Wenngleich die relative Reliefenergie oder auch der TRI die größte Aussagekraft über die Geländevariabilität haben, so lassen die Reliefparameter Neigung und Ausrichtung ebenfalls Rückschlüsse darauf zu, ob es sich um ein Gelände mit hoher oder geringer Variabilität handelt. Wichtig ist das Vorhandensein vieler verschiedener Ausprägungen pro Flächeneinheit und der Wechsel von verschiedenen Richtungen.

Bei der Ermittlung dieser Eigenschaften kommt neben ArcMap die Software MicroDEM zum Einsatz, mit der es einfach möglich ist, statistische Auswertungen und somit eine Quantifizierung zu den Verteilungen von Neigung und Ausrichtung zu erhalten. Aus bereits erwähntem Grund wird der gesamte Ausschnitt analysiert und nicht in kleinere Quadrate unterteilt.

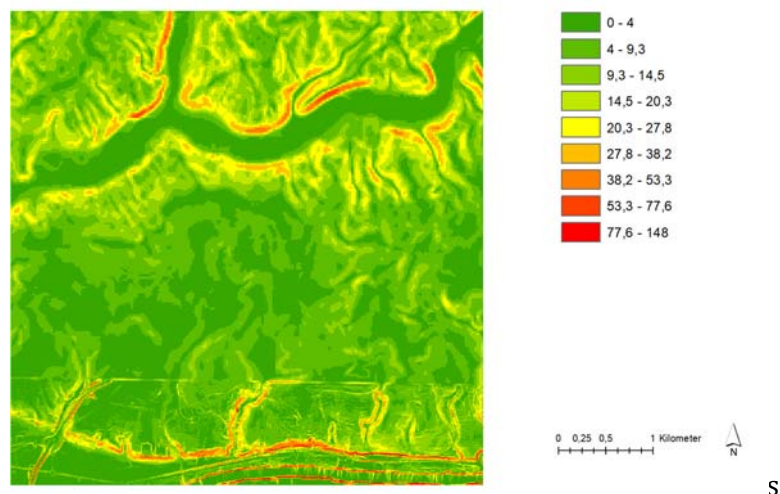


Abbildung 51: Neigung in Prozent erstellt in ArcMap im untersuchten Gebiet, 9 Klassen, Natural Breaks (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

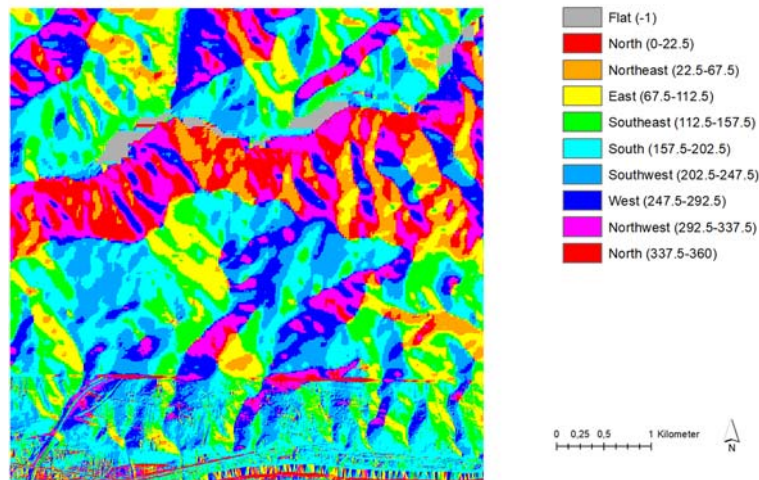


Abbildung 52: Ausrichtung erstellt in ArcMap (Ausrichtung im untersuchten Gebiet) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Bereits rein visuell ist es möglich, Aussagen darüber zu treffen, ob ein Gelände sehr große Unterschiede bzw. Veränderungen hinsichtlich Neigung und Ausrichtung aufweist. Diese Aussagen lassen sich jedoch schwer quantifizieren und eignen sich daher eher nicht dazu, verschiedene Geländeformen untereinander zu vergleichen.

Die Software MicroDEM bietet zahlreiche statistische Auswertungen über die Verteilung und Häufigkeit von Neigung oder Ausrichtung, die eine Quantifizierung der Ergebnisse und einen Vergleich zwischen verschiedenen Flächen erlauben.

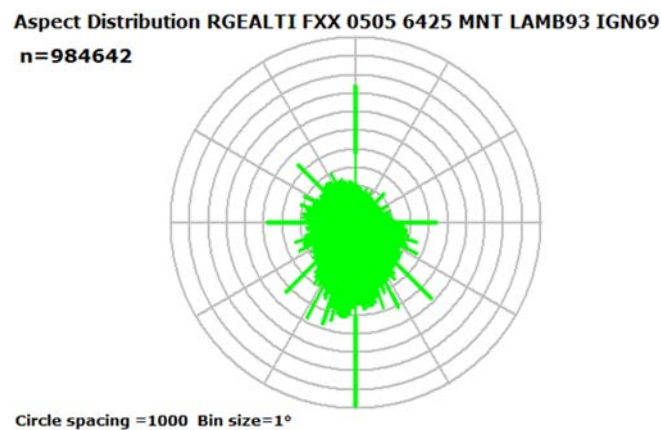


Abbildung 53: Rosendiagramm: Verteilung der Ausrichtungen (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

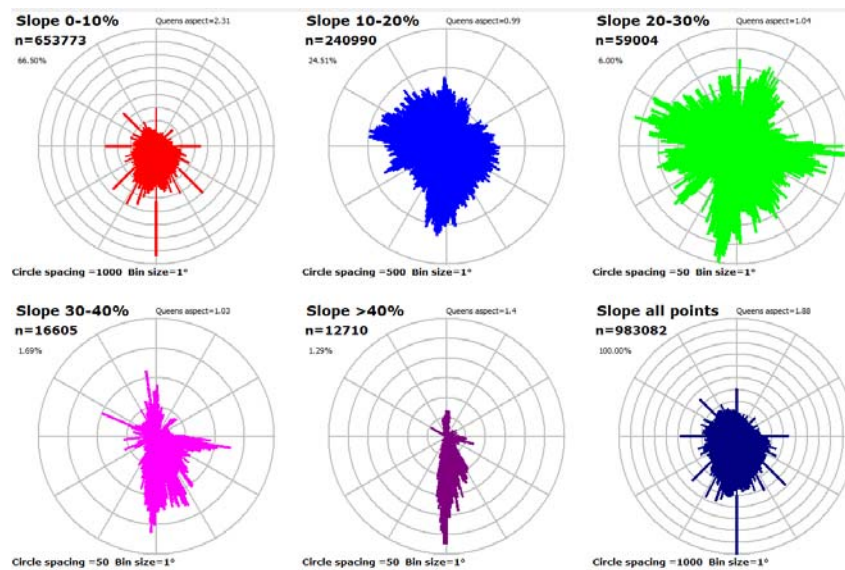


Abbildung 54: Aufteilung der verschiedenen Ausrichtungen nach Neigungen (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Die Rosendiagramme zeigen, wie sich die Ausrichtungen der untersuchten Flächen verteilen (Abb. 53), Abb. 54 zeigt die Verteilung nach verschiedenen Neigungen. Für jedes Rosendiagramm wurde eine Queen's Aspect Ratio (QAR) errechnet, die Auskunft darüber gibt, wie sich das Verhältnis der tatsächlichen Verteilung der Richtungen zur vollkommenen Gleichverteilung aller Richtungen verhält. Eine QAR von 1 bedeutet die Gleichverteilung aller Richtungen. Je höher die QAR, desto ungleicher sind die verschiedenen Richtungen verteilt. (Guth, 2009)

Für Fragen der Geländevariabilität könnte man ableiten, dass die Geländevariabilität umso so größer ist, desto gleichmäßiger alle Richtungen vertreten sind, d.h., desto näher Wert bei 1 liegt. In Analogie zum TRI, der sich aus dem Höhenunterschied einer Zelle und der sie umgebenden ergibt, könnte man für die Reliefparameter Neigung und Ausrichtung einen Algorithmus entwickeln, der ebenfalls einen Index für Abwechslung ergibt. Wie beim Predictive Modeling könnte man die drei Indizes gewichten und ein Modell für Geländevariabilität erarbeiten, das die Rauheit des Geländes sowie Abwechslung in Neigung und Ausrichtung einbezieht.

Das **Verhältnis von Grundfläche zu Oberfläche** schließlich gibt wahrscheinlich am schnellsten einen Hinweis darauf, wie komplex eine Landschaft ist. Berechnet werden kann dieser Unterschied durch das Werkzeug „Oberflächenvolumen“ des 3D Analyst. Je größer der Unterschied zwischen 2D- und 3D-Fläche ist, desto rauer und unebener ist ein Gelände. Für den aktuellen Ausschnitt (25 km²) beträgt dieser Unterschied 210.428 m².

Im Vergleich dazu beträgt der Unterschied zwischen 2D- und 3D-Fläche in einem gleich großen Ausschnitt im Bereich der Ariège in den Pyrenäen in der Nähe von Niaux bei einem Gesamthöhenunterschied von 943m bereits 4.629.905 m².

Die Visualisierung der beiden Oberflächen zeigt den Unterschied sehr deutlich.

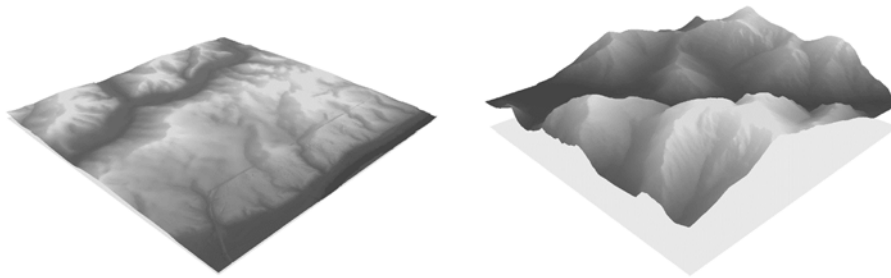


Abbildung 55: Visualisierung der Oberflächen um die Fundstelle Barbas III in der Dordogne (links) und im Département Ariège (rechts) (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

2.2.1.3 Sichtbarkeit

Die Ermittlung der sichtbaren Flächen ist nicht nur für die Beantwortung der dritten Fragestellung von Bedeutung, sie stellt auch ein wichtiges Indiz für die Abschätzung der Geländevariabilität dar bzw. wird von ihr beeinflusst. Eine durch unterschiedliche Höhen, Neigungen und Ausrichtungen geprägte Landschaft lässt eine geringere Sichtbarkeit vermuten als eine gleichmäßig flache oder steile Fläche, die wenig Änderung in ihrer Ausrichtung aufweist.

Man kann annehmen, dass, wenn Neandertaler ein Gelände mit höher Geländevariabilität bevorzugten und auf kurze Distanz jagten, die Sichtweite von jenen Punkten, von denen aus gejagt wurde, eher geringer war als die der modernen Menschen.

Sichtbarkeitsanalysen stellen seit Einführung von GIS ein sehr beliebtes Instrument auch in der Urgeschichte und Archäologie dar. Es existieren bereits zahlreiche sehr umfangreiche Anwendungen aus diesem Bereich, und man arbeitet an neuen Konzepten zur Bewertung der Sichtbarkeit (siehe Kapitel 1.3.2). (Brughmans et al., 2018)

Um zu demonstrieren, wie man die Frage, ob sich die sichtbaren Flächen für Neandertaler und moderne Menschen unterschieden, beantworten kann, bietet es sich an, von ausgewählten Punkten Sichtfelder zu erstellen und deren Flächen zu vergleichen.

Da man nicht davon ausgehen kann, dass die Menschen direkt von ihrem Aufenthaltsort aus jagten, besonders, da es sich bei diesen in der Dordogne oft ums Abris (siehe Begriffserklärungen) oder Höhlen handelte, wurden innerhalb der SCA drei Punkte ausgewählt, von denen aus die Sichtfelder ermittelt werden. In der Praxis wäre es ideal, wenn sich an diesen Orten Überreste von Jagdaktivitäten wie abgebrochene Pfeilspitzen befänden. In diesem Beispiel werden die Sichtfelder von drei zufällig gewählten Orten in verschiedenen Landschaftsformen innerhalb der SCA ermittelt, um die Vorgangsweise zu zeigen, wie man zu einem quantifizierbaren Ergebnis kommt, das man in der Folge für die verschiedenen Menschenarten vergleichen kann.

Für die drei Standorte wurde mithilfe des Werkzeugs „Sichtfeld“ des 3D Analyst jeweils die einsehbare Fläche ermittelt. Die Attributtabelle zeigt die Anzahl der sichtbaren Zellen. Diese wurden mit der Zellengröße von 25 m² multipliziert, wodurch man die einsehbare Fläche erhält.

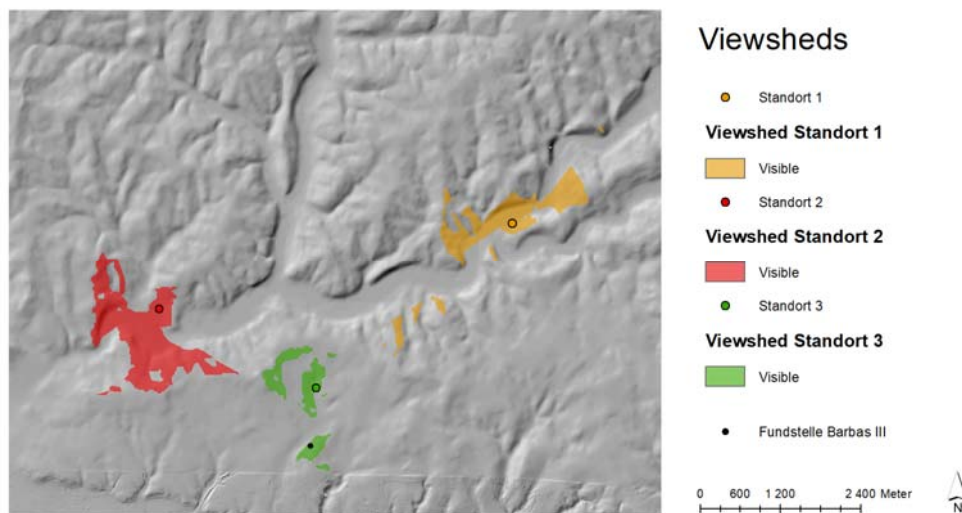


Abbildung 56: Sichtfelder (Viewsheds) von drei verschiedenen Standorten aus (IGN, 2012), eigene Bearbeitung

Im vorliegenden Beispiel beträgt die einsehbare Fläche vom 1. Standort 1.011.500 m², die vom 2. Standort 1.525.925 m² und jene vom 3. Standort 791.375 m². Hat man also Punkte identifiziert, von denen aus gejagt wurde, so man kann für verschiedene Menschenarten und Klimaepochen durch Erstellung von Sichtfeldern Vergleiche anstellen.

Für eine genaue Analyse der Sichtbarkeit wäre es notwendig, die aus dem jeweiligen Klima resultierende Vegetation mit einzubeziehen. Dies wäre allerdings sehr aufwendig und mit zu großen Unsicherheiten behaftet, da man zwar generelle Vorstellungen hat, wie sich der Bewuchs mit der

Änderung des Klimas verändert, es für die tatsächliche Vegetation dieser Zeit jedoch keine Entsprechung in der heutigen Vegetation gibt.

Bekannt ist, dass die üppige Vegetation mit dem Abkühlen des Klimas verschwand und durch Tundra und Steppe ersetzt wurde, was modernen Menschen einen Jagdvorteil gegenüber Neandertalern verschaffte, da diese für die Jagd auf kurze Distanz der Deckung bedurften, während erstere ihre Jagdstrategie auf die Jagd in weiten offenen Flächen mit Distanzwaffen ausgerichtet hatten. (van Andel and Aiello, 2003)

Im soeben gezeigten Beispiel sollte gezeigt werden, wie die Höhenlage, Aspekte der Geländevariabilität und Sichtbarkeit ermittelt werden können, die dann für moderne Menschen und Neandertaler verglichen werden.

Es besteht die Möglichkeit, diese Parameter für verschiedene Klimaphasen zu ermitteln, um so festzustellen, inwieweit das Klima und die daraus resultierende Vegetation einen Einfluss auf die Wahl des Lebensraumes haben.

So ist es z.B. denkbar, dass ein kaltes Klima mit wenig Bewuchs dazu führte, dass die Neandertaler ein anderes Gebiet aufsuchten, das durch seine Oberflächenbeschaffenheit für Deckung sorgt, die bei üppiger Vegetation eben durch diese bereits sichergestellt wurde.

Fragestellungen zu Geländevariabilität wie Höhendifferenz, Neigung, Ausrichtung, das Verhältnis zwischen Oberfläche und Grundfläche und die Sichtbarkeit lassen sich zum Großteil auch mit analogen Karten klären, der Aufwand ist jedoch ungleich höher und die Ergebnisse können nie so genau und schnell ermittelt werden wie mit einem GIS. Voraussetzung dafür ist die Qualität der Daten und die fachkundige Durchführung der Untersuchungen.

2.2.2 Beispiel 2: Magdalénien

Beim zweiten Beispiel liegt der Schwerpunkt auf der Modellierung. Analyse und Visualisierung kommen auch zum Einsatz.

Nach dem letzten glazialen Maximum vor ca. 20.000 Jahren kam es, ausgehend von Spanien und der Dordogne, jenem Gebiet im heutigen Frankreich, das während der letzten 40.000 Jahre durchgehend von modernen Menschen (und vor ihrem Verschwinden auch von Neandertalern) besiedelt war und besonders während des letzten Kältemaximums als Rückzugsort (Refugium) diente, während des Magdalénien zur Wiederbesiedelung Europas. Während dieser Zeit kam es zu star-

ken Veränderungen im Klima und in der Bevölkerungsverteilung. Nach dem letzten glazialen Maximum begann zwar eine generelle Erwärmung, diese erfolgte jedoch nicht gleichmäßig, sondern wurde von erneuten Kältephasen unterbrochen. Dies spiegelt sich auch in der ungleichmäßigen Wiederbesiedelung Europas wider. (Schwendler, 2012)

Die modernen Menschen, die sich mit der Klimaverbesserung auszubreiten begannen, werden der Kultur des Magdalénien zugeordnet. (Miller, 2012; Terberger, 2014)

Im zweiten Beispiel soll daher, aufbauend auf der These, dass das Klima einen starken Einfluss auf die Wanderungsbewegungen und die Ausbreitung des modernen Menschen hatte (die Neandertaler waren vor dem letzten Kältemaximum ausgestorben) (Miller, 2012; Schwendler, 2012), die Frage beantwortet werden, wie man modellieren kann, auf welche Weise sich die modernen Menschen nach dem Ende der letzten Kaltzeit allmählich, in Abhängigkeit vom jeweils vorherrschenden Klima, in den Nordosten Europas ausbreiteten.

Die Funde des Magdalénien liegen unterteilt für die einzelnen Klimaphasen vor, wodurch die Modellierung der Wiederbesiedelung Europas in den einzelnen Phasen ermöglicht wird. (Miller, 2012)

2.2.2.1 Kerndichteschätzung

Als Instrument für die Modellierung der Bevölkerungsdichte und -entwicklung wird die Kerndichteschätzung angewandt. Bei der Kerndichteschätzung handelt es sich um eine für die Aufgabenstellung geeignete Interpolationsmethode für diskrete Punktdaten, während für die Modellierung flächenhafter Kontinua wie z.B. Luftgüte, ermittelt aus einzelnen Punkten (z.B. Messpunkte), andere Verfahren wie IDW oder Kriging zur Anwendung kommen. (Levine, 2013; Mummenthey, 2015)

Bei der Kerndichteschätzung werden anhand der Verteilung von diskreten Punkten Dichtewerte für eine Fläche ermittelt. Über jeden Punkt wird eine symmetrische Oberfläche gelegt. Mithilfe der Kernfunktion werden die Nachbarpunkte in Abhängigkeit von ihrer Entfernung zum Ausgangspunkt gewichtet und es wird ein Oberflächenwert ermittelt. Die Dichteoberfläche wird berechnet, indem für jede Rasterzelle die Oberflächenwerte aller Punkte aufsummiert werden. (Levine, 2013; Leitner, 2016; Rase, 2016)

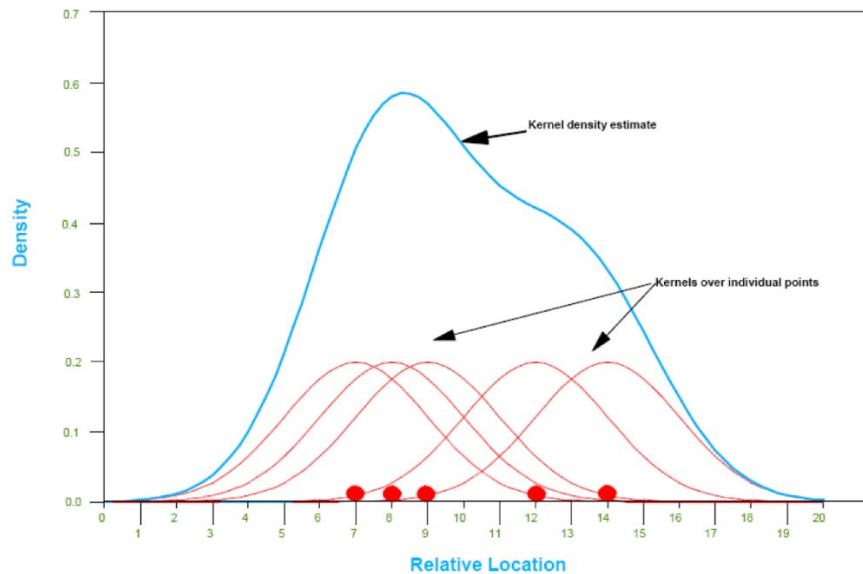


Abbildung 57: Prinzip Kerndichteschätzung (Levine, 2013)

Verschiedene Parameter haben einen Einfluss auf die Berechnung der Kerndichte und das Ergebnis der Kerndichteschätzung. Dazu zählen die Zellgröße des Rasters, die Form der Kernfunktion sowie die Bandbreite (Suchradius) der Kernfunktion.

Die Zellgröße wirkt sich nicht direkt auf die Berechnung der Kerndichte aus, jedoch erscheint die Darstellung der Kerndichte bei großen Zellen stark generalisiert.

Die Kernfunktion, die der Ermittlung der Oberflächen über dem Punkt dient, kann verschiedene Formen haben und hat einen relativ kleinen Einfluss auf das Ergebnis. (Levine, 2013)

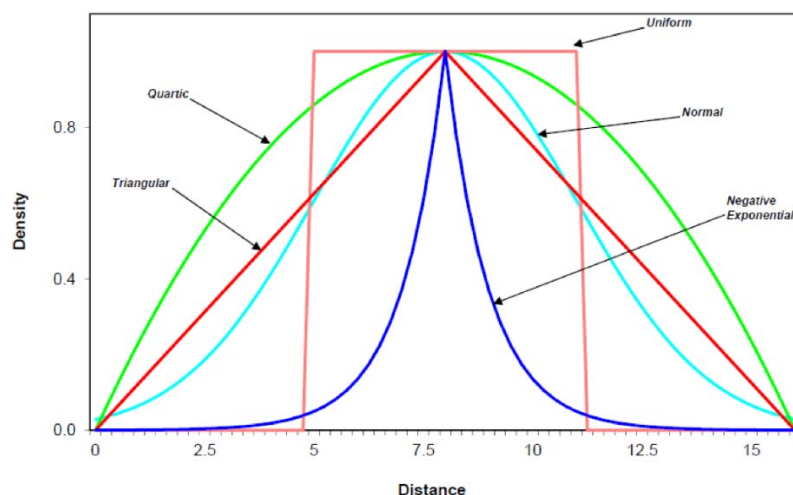


Abbildung 58: die verschiedenen Funktionen sind in der Software CrimeStat, die u.a. auch eine Kerndichteschätzung erlaubt, implementiert (Levine, 2013)

In diesem Beispiel wird die Ermittlung der Kerndichte mit dem Werkzeug „Kerndichte“ des Spatial Analyst von ArcGIS durchgeführt. Informationen über die Form der zugrundeliegenden Formel beschränken sich auf die folgende Beschreibung:

„Prinzipiell wird eine sanft geschwungene Oberfläche über alle Punkte gelegt. Der Oberflächenwert ist an der Punktposition am höchsten und verringert sich mit zunehmender Entfernung vom Punkt, wobei er in der Entfernung des Suchradius Null erreicht.“ (ESRI, 2018a)

Da sich die Auswirkung der Kernfunktion auf das Ergebnis in Grenzen hält, wird der Form der Funktion nicht weiter nachgegangen.

Die Bandbreite (Suchradius) legt fest, in welchem Umkreis um den Punkt die Kernfunktion berechnet wird. Sie kann fix sein oder sich nach der Anzahl der Punkte richten (adaptive Bandbreite). Bei der adaptiven Bandbreite sollen sich immer gleich viele Punkte innerhalb der Bandbreite befinden, bei vielen Punkten ist daher die Bandbreite gering, bei wenigen größer. (Levine, 2013; Leitner, 2016)

Eine große Bandbreite führt zu einem generalisierteren Ergebnis mit weniger Details. Die Meinungen über die Wahl der Bandbreite gehen auseinander. Einige Wissenschaftler argumentieren, dass sie nicht kleiner sein solle als die gewünschte Auflösung, andere sprechen sich für die Distanz des zufälligen nächsten Nachbarn aus. (Levine, 2013)

Die Bandbreite (Suchradius) wird von ArcGIS nach einem bestimmten Algorithmus berechnet (individuell für jeden Datensatz), Ausreißer werden dabei ignoriert.

Um die Bevölkerungsentwicklung in den einzelnen Klimaphasen zu modellieren, wurde für jede Phase eine gesonderte Kerndichteschätzung durchgeführt.

Folgende Parameter wurden in ArcGIS eingestellt:

Zellengröße: 4000 m * 4000 m, 16 km²

Methode: geodesic, wird für größere Gebiete empfohlen (ESRI, 2018a)

Die Ergebnisse der Kerndichteschätzung für jede Klimaphase wurden in neun Klassen unterteilt, die Klassifizierung erfolgte nach der Methode „Natürliche Unterbrechungen“ („Natural Breaks“).

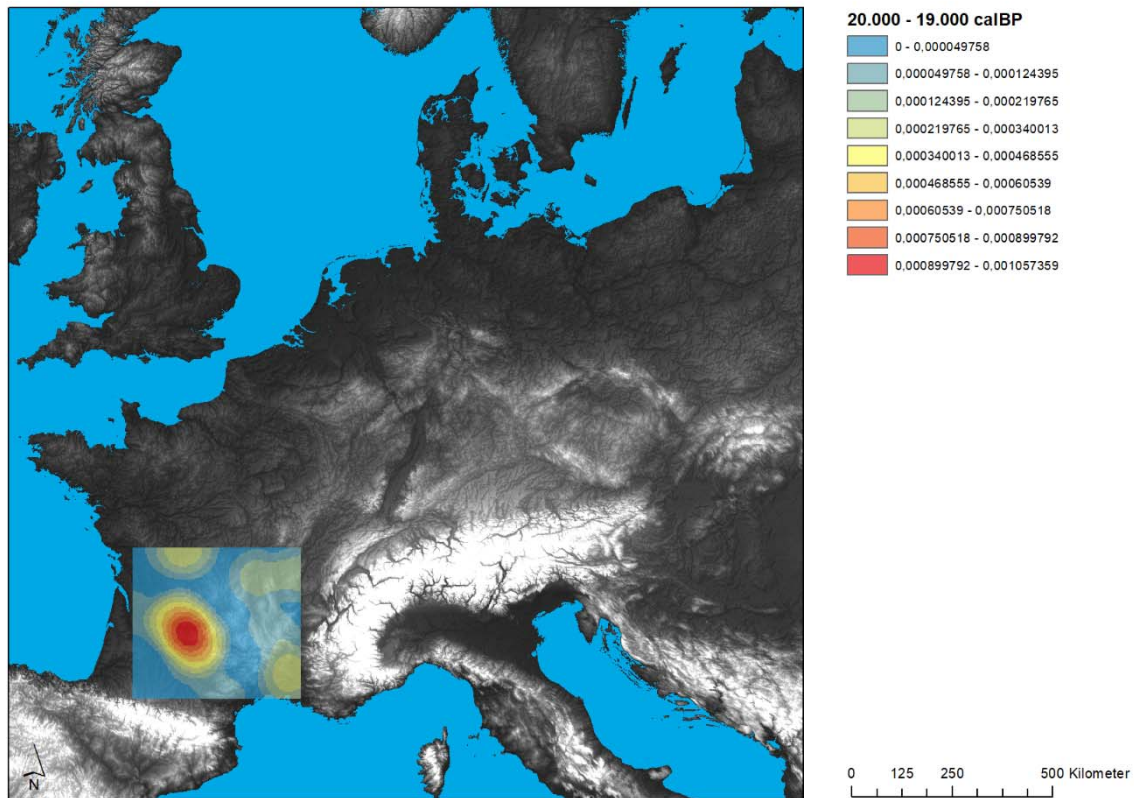


Abbildung 59: Klimaphase 20.000 – 19.000 calBP, Punktdichte pro 16 km²
(Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Zwischen **20.000 und 19.000 calBP** begannen die Eisgletscher, die große Teile Europas bedeckt hatten, abzuschmelzen. Die ersten Zeugen menschlicher Aktivitäten finden sich im Südwesten Frankreichs. Die größte Dichte findet sich im Gebiet der heutigen Dordogne, jenem Gebiet, das als Refugium auch während des letzten glazialen Maximums bewohnt war. Die Funde gehen nicht über den 47sten Breitengrad hinaus. (Miller, 2012)

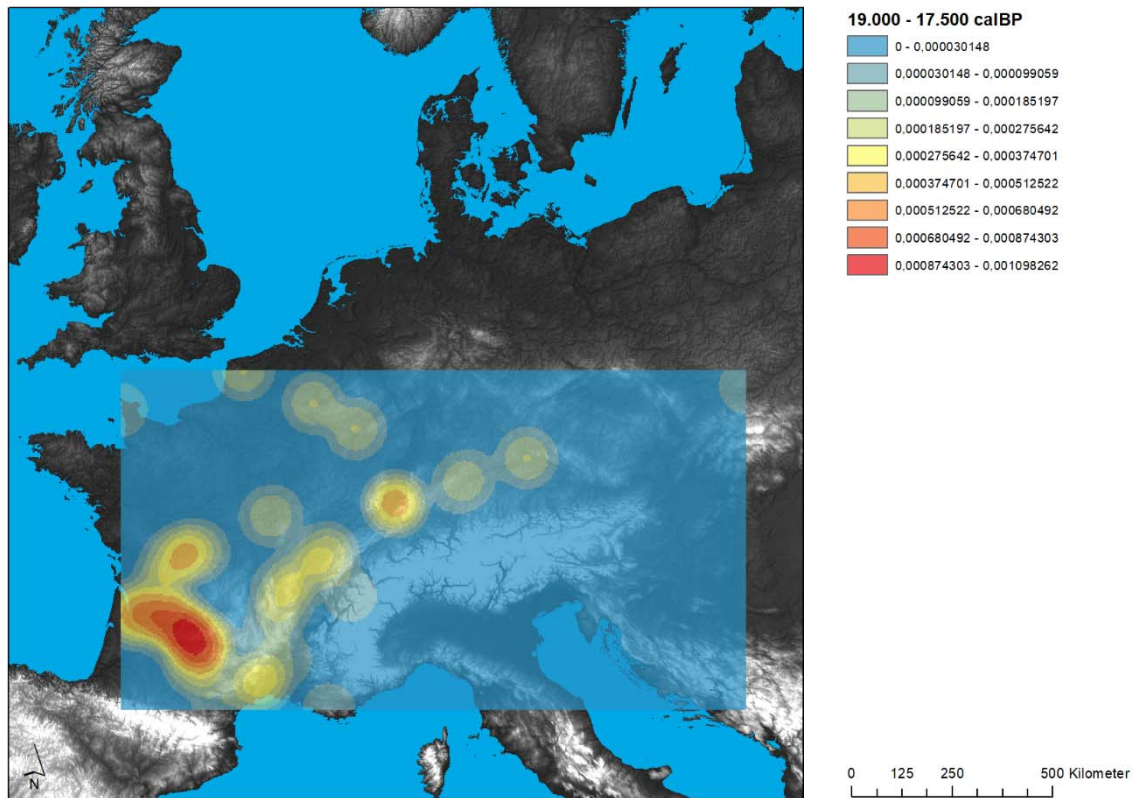


Abb. Klimaphase 19.000 – 17.500 calBP, Punktdichte pro 16 km²
(Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Im Zeitraum von **19.000 bis 17.500 calBP** war es noch kühl, es begann jedoch allmählich wärmer zu werden. Die Konzentration auf den Südwesten bleibt bestehen, es zeigt sich jedoch bereits deutlich eine Ausbreitung nach Nordosten. Erstmals finden sich Überreste menschlicher Aktivitäten nördlich des 47sten Breitengrades. Das Muster zeigt einen Anstieg der Bevölkerungsdichte im Südwesten und ein nicht intensives Vordringen nach Nordosten. (Miller, 2012)

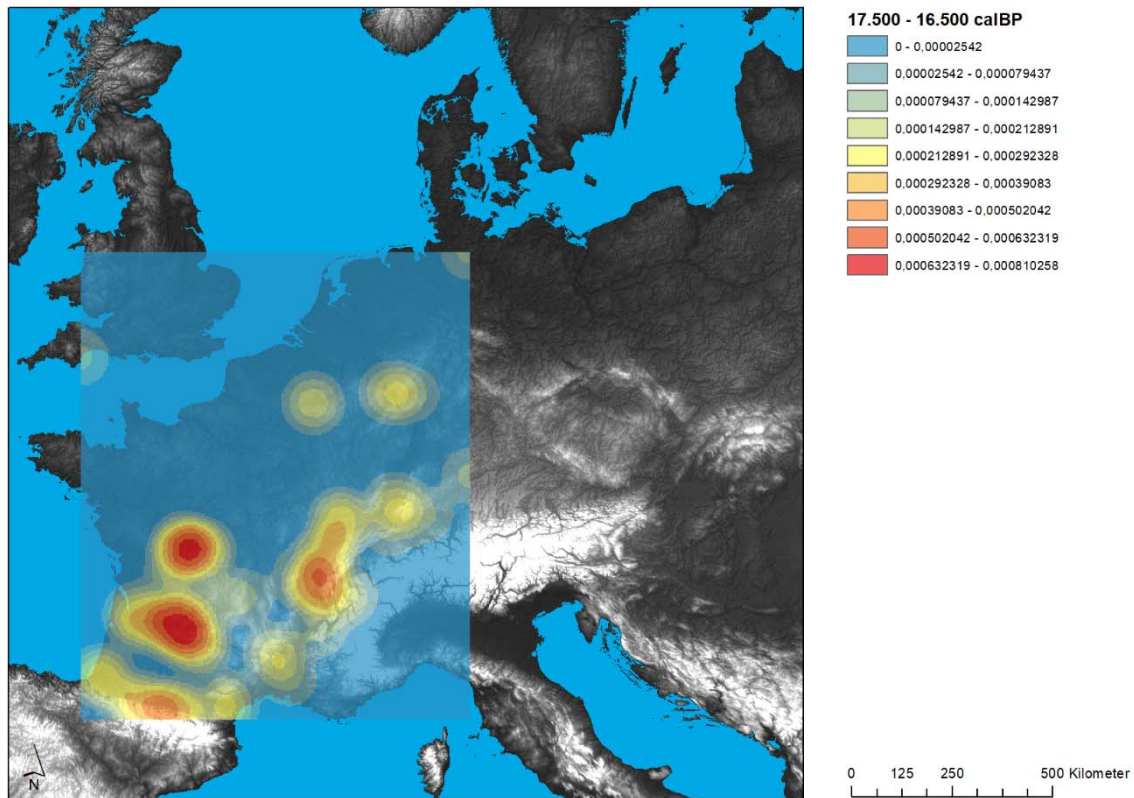


Abbildung 60: Klimaphase 17.500 – 16.500 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Von **17.500 bis 16.500 calBP** kam es durch das sogenannte Heinrich-Event 1 zu einer kalten Zwischenphase. Während dieser Zeit stagnierte die Ausbreitung nach Nordosten bzw. ging sogar zurück, während sich im Südwesten Frankreichs ähnliche Muster zeigen wie in den vorhergehenden Phasen. (Miller, 2012; Terberger, 2014)

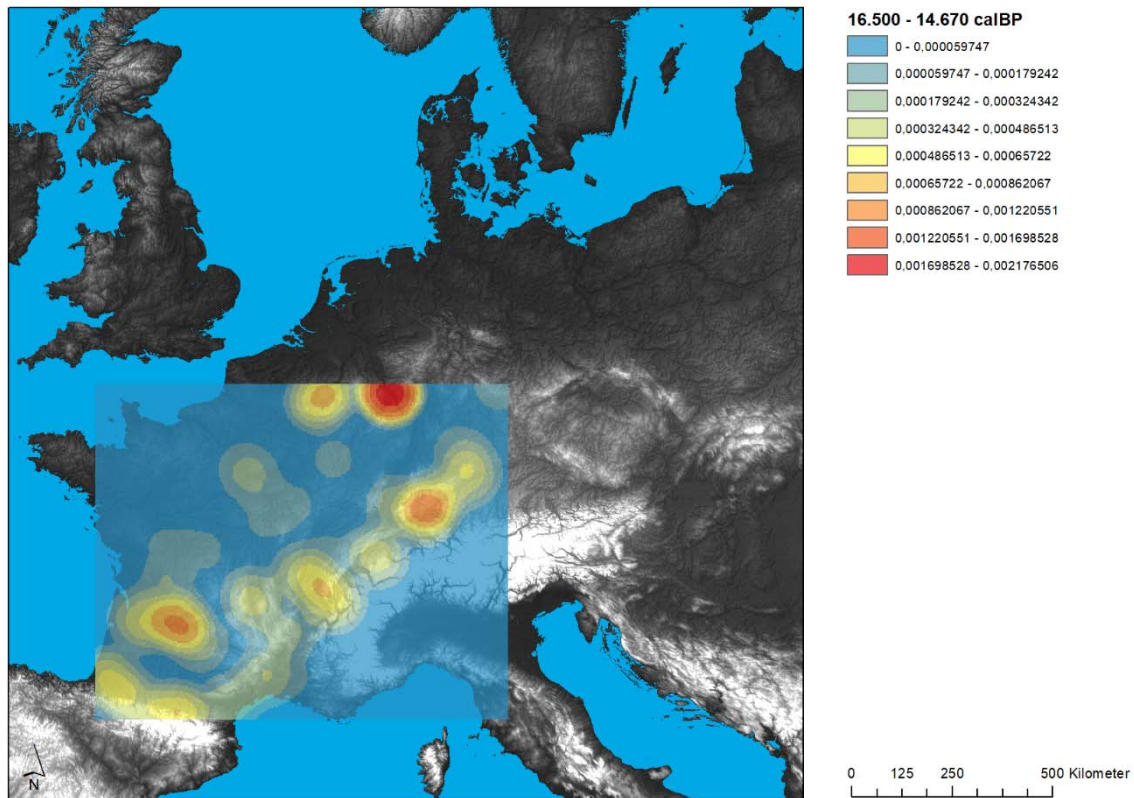


Abbildung 61: Klimaphase 16.500 – 14.670 calBP, Punktdichte pro 16 km²
(Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Die Phase zwischen **16.500 und 14.670 calBP** war durch einen schnellen Anstieg der Temperatur gekennzeichnet und wird als Prä-Bölling-Alleröd bezeichnet. Der Temperaturanstieg erlaubte ein weiteres Vordringen in den Norden, sei es auch nur saisonal gewesen. Während dieser Phase treten drei besondere Veränderungen auf: es kam zu einer dichteren Besiedelung des ursprünglichen Siedlungsgebietes in Süddeutschland, erstmals lassen sich Funde im Pariser Becken nachweisen und es gibt nun auch Häufungen in Belgien und am Rhein. (Miller, 2012)

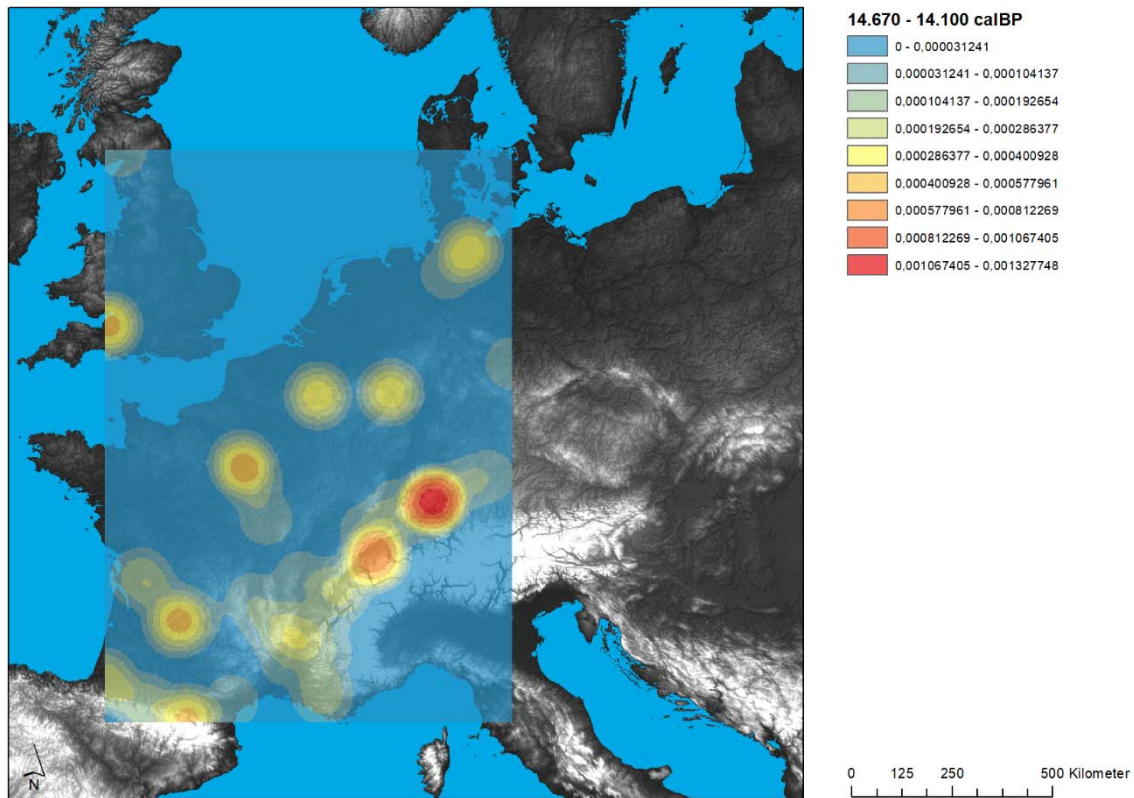


Abbildung 62: Klimaphase 14.670 – 14.100 calBP, Punktdichte pro 16 km^2
(Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Im darauffolgenden Bølling von **14.670 bis 14.100 calBP** kam es zu einer weiteren Erwärmung. Die Funde zeigen eine ähnliche Verteilung wie in den vorangegangenen Phasen. Es erfolgte eine weitere Ausdehnung nach Norden und auch nach England. (Miller, 2012)

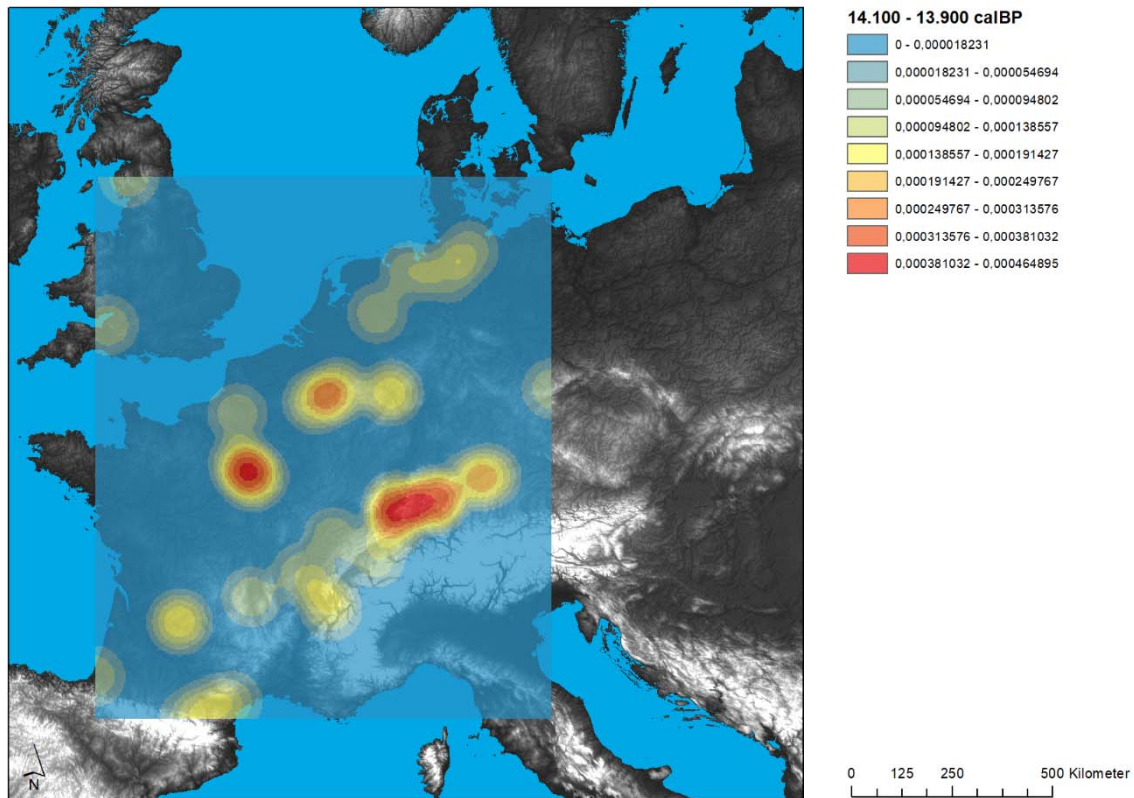


Abbildung 63: Klimaphase 14.100 – 13.900 calBP, Punktdichte pro 16 km²
(Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Es folgte in der anschließenden älteren Dryas zwischen **14.100 und 13.900 calBP** ein kühler Zwischenabschnitt. Für diese Zeit nimmt die Zahl der Funde im Südwesten Frankreichs signifikant ab. Warum die Dichte im Südwesten abnahm, während die Menschen im höheren Norden überleben konnten, ist unklar. (Miller, 2012)

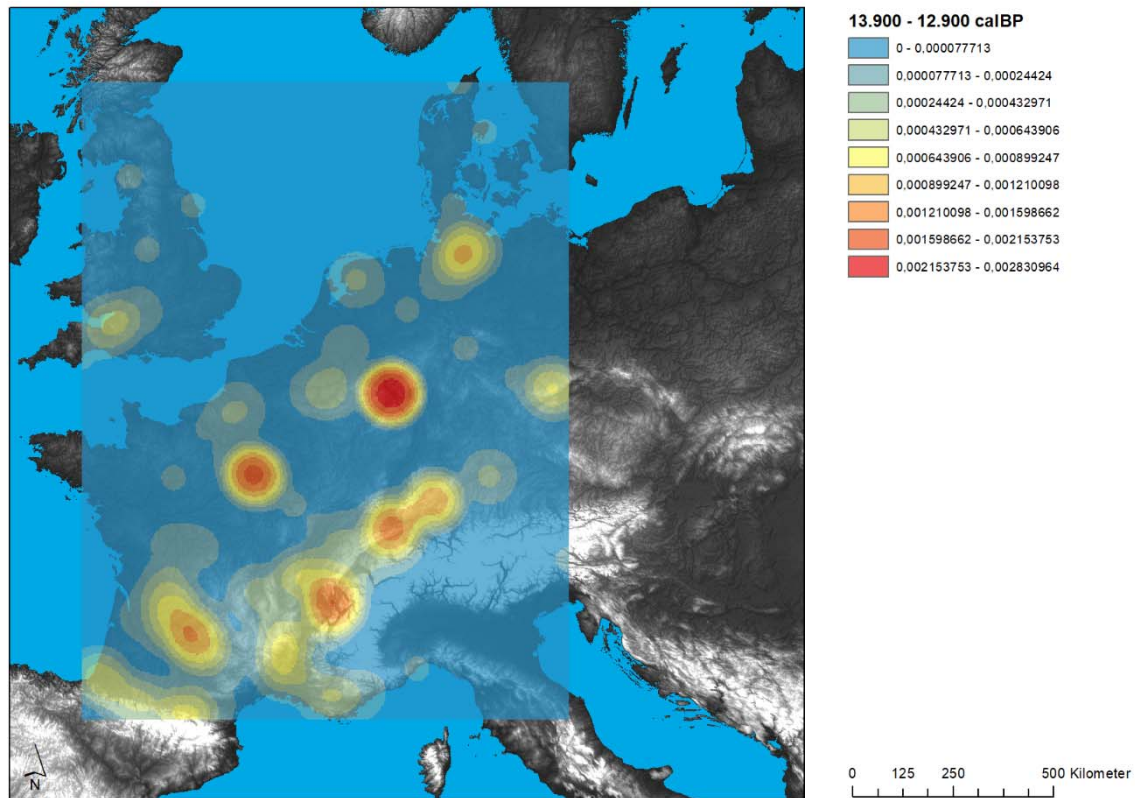


Abbildung 64: Klimaphase 13.900 – 12.900 calBP, Punktdichte pro 16 km²
(Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Im sogenannten Alleröd zwischen **13.900 und 12.900 calBP** wurde es wieder wärmer. Alle bereits erwähnten Gebiete waren jetzt dauerhaft besiedelt. Besonders am Rhein in Deutschland zeigte sich eine hohe Dichte. Auch in England gibt es mehrere Funde. (Miller, 2012)

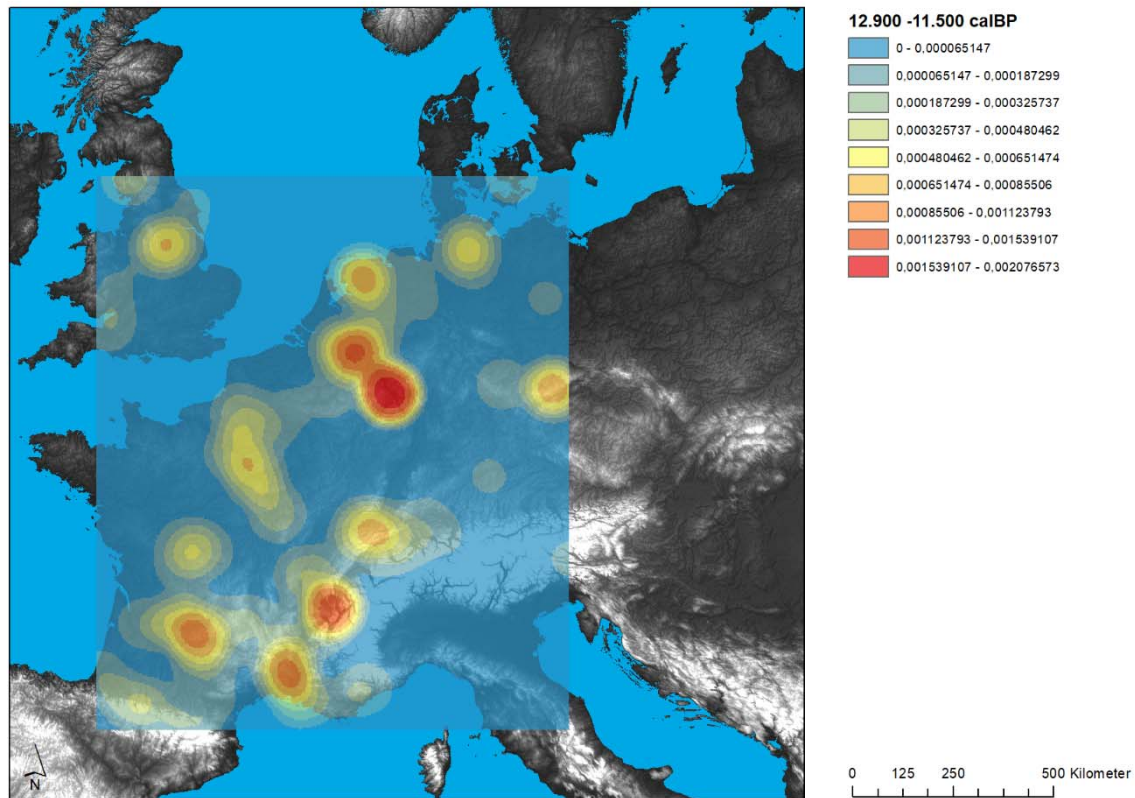


Abbildung 65: Klimaphase 12.900 – 11.500 calBP, Punktdichte pro 16 km²
(Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Der letzte Kälterückfall vor der relativ stabilen Warmphase mit Beginn der Mittelsteinzeit erfolgte am Ende des Alleröd und in der Jüngeren Dryas zwischen **12.900 und 11.500 calBP**. Die Dichte der Funde in Nordeuropa und England nahm weiter zu. Sie sind jedoch zum überwiegenden Teil nicht mehr der Kultur des Magdalénien zuzuordnen. (Miller, 2012)

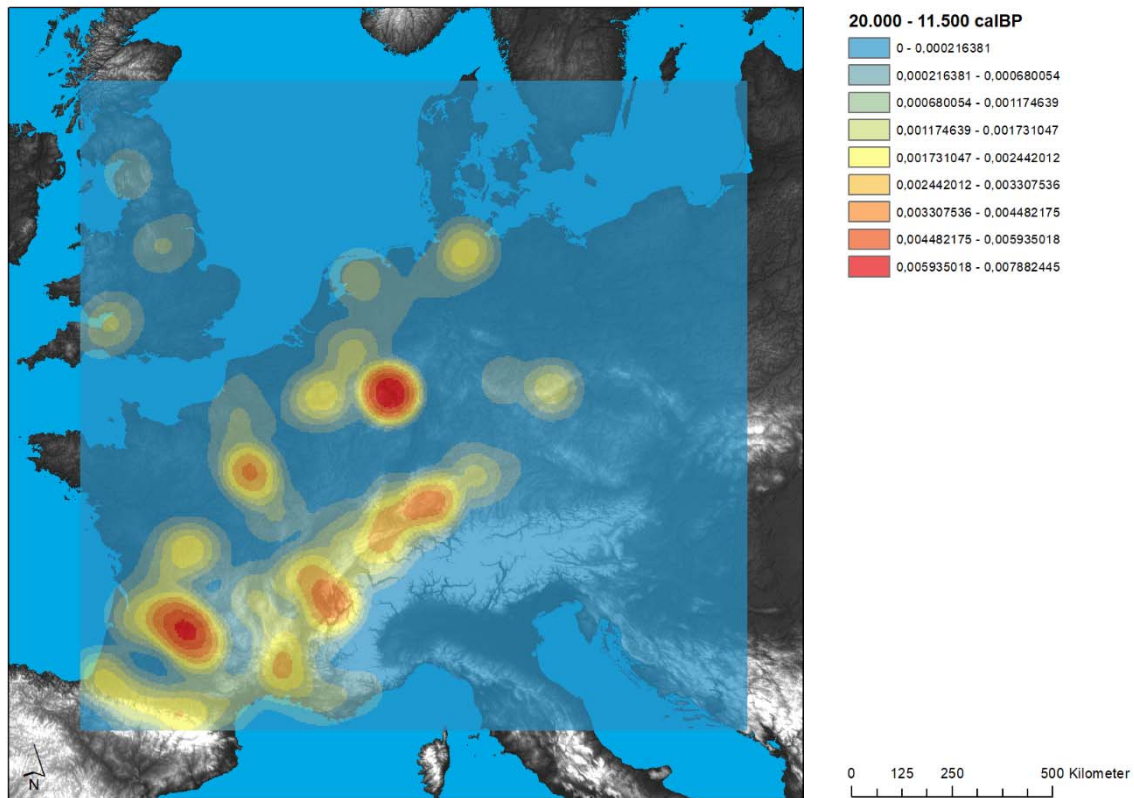


Abbildung 66: Klimaphase 20.000 – 11.500 calBP, Punktdichte pro 16 km² (Eurostat, 2010; Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Verteilung der Bevölkerung während des gesamten Untersuchungszeitraums von **20.000 bis 11.500 calBP**: für den gesamten Untersuchungszeitraum zeigen sich die höchsten Dichten (Hot Spots) in der Dordogne und im nördlichen Rheinland. Dies ist vermutlich neben anderen begünstigenden Faktoren auf das generell mildere Klima dieser Regionen zurückzuführen.

Die Modellierung zeigt, wo während jeder Klimaphase die Bevölkerungsdichte am größten war, d.h. wo sich jeweils die Hot Spots befanden. Die Klimaschwankungen wirkten sich unterschiedlich aus.

Durch die Modellierung und Visualisierung wird deutlich, wann ein Temperaturrückgang so groß war, dass er sich auf die Bevölkerungsentwicklung auswirkte (in diesem Beispiel beim Heinrich-Event 1) und wann Klimaschwankungen von den Menschen toleriert wurden und zu keinen großen Änderungen der Bevölkerungsentwicklung führten.

Visualisierung der Modellierung in 3d: das Ausgaberraster der Modellierung beschreibt quasi die geschwungene Oberfläche der Kernfunktion und kann in ArcScene und ArcGlobe in 3D visualisiert werden. Vor dieser Visualisierung wurden die Dichtewerte mit 100.000 multipliziert, um zu einem anschaulichen (überhöhten) Ergebnis zu gelangen. Wandelt man diese Oberfläche analog einem digitalen Höhenmodell in ein TIN (z-Faktor: 100) um, erreicht man eine gute Qualität der Visualisierung.

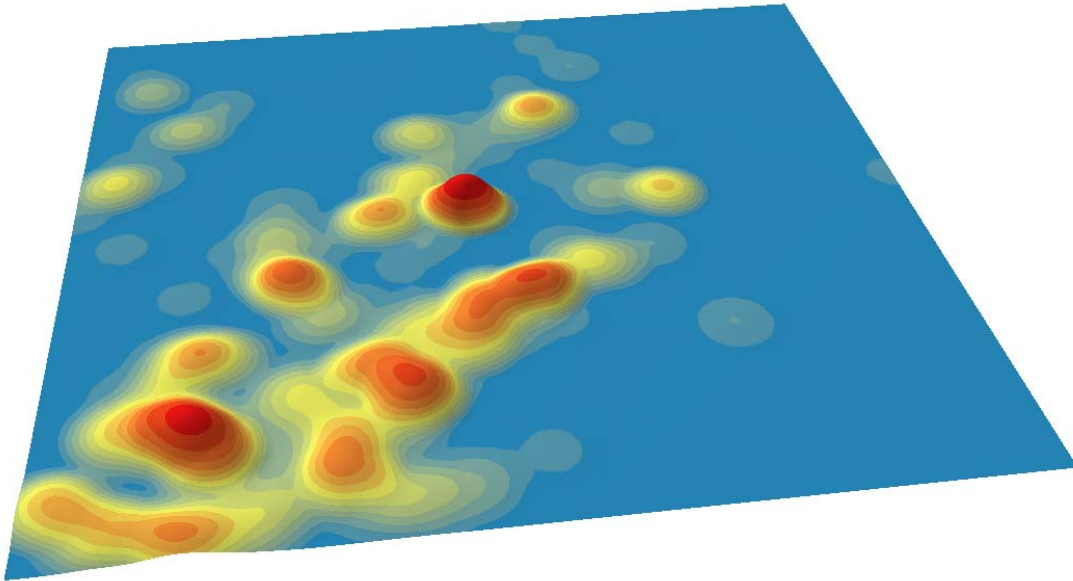


Abbildung 67: Visualisierung der Dichteoberfläche in ArcScene, hier nur zur Veranschaulichung, findet eher bei größeren Maßstäben Anwendung (Miller, 2012), eigene Bearbeitung

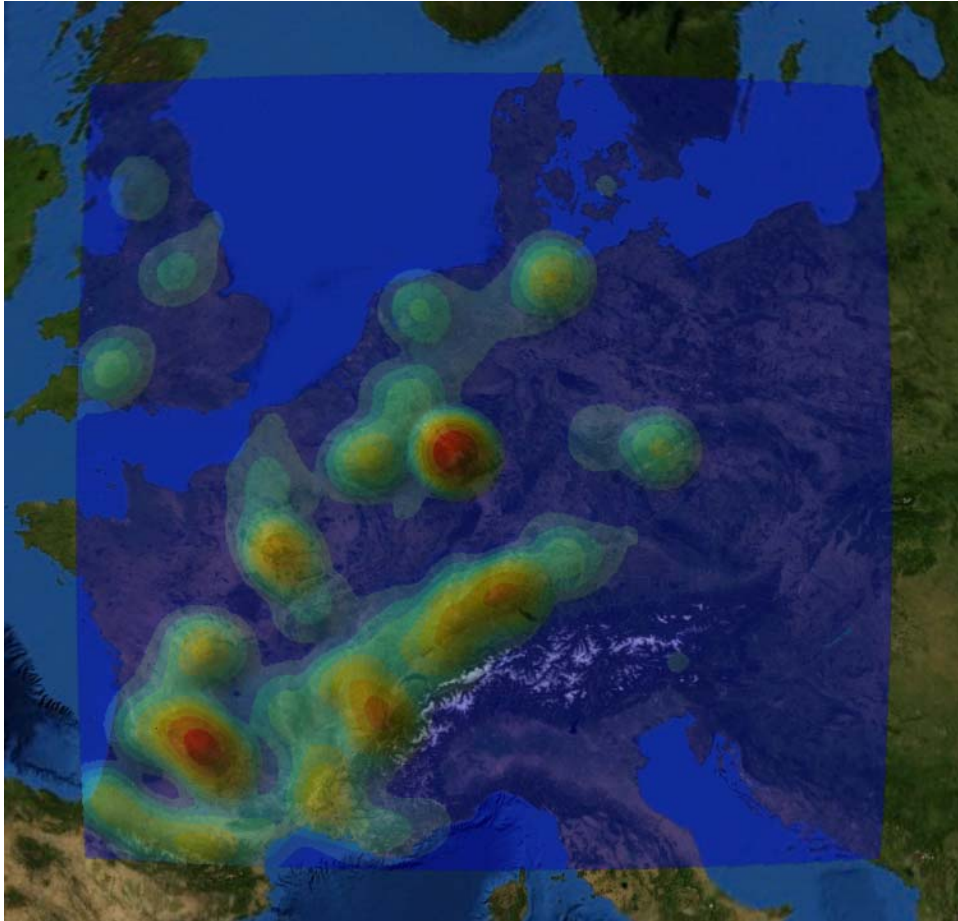


Abbildung 68: Visualisierung der Dichteoberfläche in ArcGlobe, hier für kleinere Maßstäbe besser geeignet (Miller, 2012), eigene Bearbeitung

2.2.2.2 Mittlerer nächster Nachbar

Nach dem Abschmelzen der letzten Gletscher kam es generell zu einer Wiederbesiedelung Europas und zu einem Bevölkerungswachstum. Durch die Erhöhung der Bevölkerungsdichte verringerte sich zweifellos auch die durchschnittliche Entfernung zwischen einzelnen Fundorten. Die Verteilung der Funde des zweiten Beispiels über die Fläche ist jedoch nicht gleichmäßig. Durch die Ermittlung des Mittleren Nächsten Nachbarn kann festgestellt werden, ob und in welchem Ausmaß sich die Cluster-Bildung verstärkt hat und ob sich in verschiedenen Klimaphasen Unterschiede zeigen.

Untersucht werden kann dies mit dem Spatial Statistics-Werkzeug „Mittlerer nächster Nachbar“ („Average Nearest Neighbor“). Mit diesem Werkzeug kann man analysieren, ob Punkte geclustert, dispersed oder zufällig verteilt sind. Es gibt fünf Werte zurück: beobachtete mittlere Entfernung,

erwartete mittlere Entfernung, Index für den nächsten Nachbarn, Z-Ergebnis und p-Wert. (ESRI, 2019a)

„Der Index für den nächsten Nachbarn wird als Verhältnis zwischen der beobachteten mittleren Entfernung und der erwarteten mittleren Entfernung ausgedrückt. Die erwartete Entfernung ist die durchschnittliche Entfernung zwischen Nachbarn in einer hypothetischen zufälligen Verteilung. Ist der Index kleiner 1, weist das Muster Cluster-Bildung auf; ist der Index größer 1, geht der Trend zur Dispersion oder zum Wettbewerb.“ (ESRI, 2019a)

Z-Ergebnis und p-Wert sind statistische Werte, die Aufschluss darüber geben, ob das Ergebnis zufällig zustande gekommen ist.

Der p-Wert ist eine Wahrscheinlichkeit: Wenn der p-Wert sehr klein ist, bedeutet dies, dass es sehr unwahrscheinlich (kleine Wahrscheinlichkeit) ist, dass das beobachtete räumliche Muster das Ergebnis zufälliger Prozesse ist. (ESRI, 2019a)

Tabelle 6: Mittlerer nächster Nachbar nach Klimaphasen und gesamt (Miller, 2012), eigene Bearbeitung

Klimaphase	beobachteter Wert	erwarteter Wert	Index für den MNN
20.000 - 19.000 calBP	18,082 km	34,635 km	0,417
19.000 - 17.500 calBP	28,617 km	68,597 km	0,417
17.500 - 16.500 calBP	31,558 km	62,940 km	0,501
16.500 - 14.670 calBP	11,438 km	31,780 km	0,360
14.670 - 14.100 calBP	24,819 km	64,203 km	0,387
14.100 - 13.900 calBP	61,827 km	92,349 km	0,669
13.900 - 12.900 calBP	14,380 km	42,282 km	0,340
12.900 - 11.500 calBP	13,931 km	44,282 km	0,315
20.000 - 11.500 calBP	4,364 km	26,553 km	0,164

Es ist naheliegend, dass sich Menschen nicht zufällig über die Fläche verteilen, sondern in Gruppen zusammen oder in der Nähe voneinander leben. Je kleiner der Index für den Mittleren Nächsten Nachbarn ist, desto größer ist die Cluster-Bildung. Beim Vergleich der Indizes sollte man die unterschiedliche Dauer der Perioden und daher unterschiedliche Anzahl von Funden mitberücksichtigen.

Betrachtet man die Funde im gesamten Zeitraum, ergibt sich erwartungsgemäß ein sehr niedriger Index für den Mittleren Nächsten Nachbarn. Untersucht man die Klimaphasen getrennt, so geht der Trend generell zu einer Verringerung des Index, d.h. einer zunehmenden Cluster-Bildung. Lediglich während des Heinrich-Events zwischen 17.500 und 16.500 calBP scheint dieser Trend gestoppt zu sein. Der deutlich höhere Index zwischen 14.100 und 13.900 calBP dürfte darauf zurückzuführen sein, dass es sich um eine sehr kurze Phase handelte (die allerdings auch kühler war).

3 Ergebnisse und Ausblick

3.1 Ergebnisse

GIS können dann einen wichtigen Beitrag zur Klärung urgeschichtlicher Fragestellungen leisten, wenn diese einen sehr konkreten Raumbezug haben. Dabei vermag ein GIS inhaltlich nicht so viel mehr zu leisten als früher die Kartographie und räumliche Statistik. Ein wesentlicher Vorteil von GIS liegt jedoch in der Geschwindigkeit und Genauigkeit, mit der Ergebnisse erzielt werden können. Weiters sind aufwendigere und komplexere Analysen als in der herkömmlichen Kartographie möglich. Auch hinsichtlich der Visualisierung stehen viel mehr Möglichkeiten zur Verfügung.

Urgeschichtliche Fragestellungen, die sich im Zusammenhang mit der Beschaffenheit des Geländes und der Wechselwirkung zwischen Mensch und physischer Umwelt und Klima ergeben, eignen sich besonders, mit GIS analysiert zu werden. Der Einzugsbereich um einen Siedlungsplatz, der vermutlich von Menschen der Urzeit genutzt wurde und in dem sie sich aufhielten (Site Catchment Area), ist stark abhängig von der Geländebeschaffenheit und lässt sich problemlos mit einem GIS errechnen.

Schon früh begann man, mit Hilfe von GIS jene Kriterien zu suchen, die für die Wahl eines Standortes ausschlaggebend sind. Das Zusammenspiel und die Gewichtung dieser Kriterien erlauben es Urgeschichtlern, Aussagen darüber zu treffen, wie wahrscheinlich Funde in einem bestimmten Gebiet zu erwarten sind (Predictive Modeling).

Die Analyse und Modellierung der Verteilung von Fundstücken in einem bestimmten Gebiet stellt eine der ersten Anwendungen in der raumbezogenen Urgeschichte dar. In diesem Themenbereich bietet ein modernes GIS den Vorteil, dass, wenn die Datengrundlagen in entsprechender Genauigkeit vorliegen, das Ergebnis nicht durch kartographische „Zwänge“ wie Minimaldimension, Maßstab der topographischen Kartengrundlage etc. beeinträchtigt wird.

Hinsichtlich der Visualisierung bietet ein GIS neue Möglichkeiten z.B. durch 3D-Darstellung oder die Darstellung von Entwicklungen durch Animationen.

Beim ersten Beispiel sind es vor allem Überlegungen zur Beschaffenheit des Geländes, in dem sich Neandertaler und moderne Menschen bei der Besiedelung Europas niederließen, die auf die Frage hin analysiert wurden, wie sich mögliche Unterschiede ermitteln lassen. Grundlage für diese Ermittlungen ist das digitale Höhenmodell. Es kommen vor allem Werkzeuge des 3D Analyst und Spatial Analyst von ArcGIS zum Einsatz, sei es, um die Höhen der Fundstellen zu ermitteln, sei es,

um die Ausrichtung und die Neigung um die Fundstellen sowie Sichtbarkeiten zu errechnen. Die Software MicroDEM ermöglicht zudem anschauliche statistische Auswertungen zur Ausprägung der einzelnen Kriterien.

Für die Bestimmung und den Vergleich der Variabilität eines Geländes müssen weitere Parameter wie die Reliefenergie oder der Terrain Ruggedness Index (TRI) aus dem digitalen Höhenmodell ermittelt werden. Dazu bietet sich die Programmbibliothek gdal an. Der Flächenvergleich zwischen Grundfläche und Oberfläche durch den 3D Analyst von ArcGIS bietet einen schnellen Weg, eine Idee zur Variabilität eines Geländes zu bekommen.

Die Parameter können in der Folge für Neandertaler und moderne Menschen verglichen werden. Quantifizierbare Vergleiche sind z.B. durch Flächenvergleiche möglich.

Dadurch, dass die Funde einzelnen Klimaperioden zugeordnet werden können, lassen sich Aussagen darüber treffen, ob sich sowohl für die beiden Menschenarten als auch zwischen den Menschenarten Unterschiede in den Klimaperioden zeigen.

Die Visualisierung dient sowohl der Veranschaulichung und Untermuerung der Fragestellung als auch der Vermittlung der Ergebnisse.

Gegenstand des zweiten Beispiels sind Fragestellungen im Zusammenhang mit der Wiederbesiedelung Europas durch moderne Menschen nach dem letzten glazialen Maximum. Es sollte modelliert werden, wie sich die Bevölkerungsdichte und -verteilung durch verschieden lange Klimaschwankungen veränderte. Dazu kommt ein Werkzeug des Spatial Analyst (Kerndichte) von ArcGIS zum Einsatz.

Weiters ermöglicht die Berechnung des Mittleren Nächsten Nachbarn durch Spatial Statistics Aussagen darüber zu treffen, wie sich die Entfernungen zwischen den Funden und damit die Clusterbildung änderte.

Die Darstellung der Dichteoberfläche in, je nach Maßstab, ArcScene oder ArcGlobe dient der Visualisierung der Ergebnisse zum besseren Verständnis.

Die Probleme, die bei der Bearbeitung durch ein GIS auftreten, betreffen vor allem die Datenquellen. Sind diese nicht oder in nicht ausreichender Qualität vorhanden, so spiegelt sich dies auch in der Qualität der Ergebnisse wider. Bei der Analyse im Zusammenhang mit der Geländebeschaffenheit sind es vor allem mangelnde Daten zur Vegetation vergangener Zeiten, die Ergebnisse verfälschen können. So können sich z.B. bei Sichtbarkeitsanalysen große Unterschiede ergeben, je nachdem, ob ein Gelände von Gras/Steppe bewachsen ist oder von dichtem Wald.

3.2 Ausblick

GIS werden zweifellos auch in Zukunft für die Analyse, Modellierung und Visualisierung der Lebens- und Besiedelungsumstände der Menschen in der Urgeschichte Anwendung finden.

Durch immer bessere Rechenleistung von Computern wird es einfacher und schneller möglich sein, einen Raum im Hinblick auf alle für die Besiedelung durch Menschen wichtigen Kriterien zu untersuchen.

So wie heute Sichtfelder und Sichtverbindungen zwischen Punkten als Mittel der Kommunikation oder des Erlebens einer Landschaft ermittelt werden können, kann es in Zukunft vermehrt durch das Erstellen von sogenannten „Soundsheds“ („Hörbereich“) und der Ermittlung von Interaudibilität möglich sein, einen weiteren Sinn, nämlich den Gehörsinn, mit in die Analyse und Modellierung einzubeziehen, wie der urgeschichtliche Mensch seine Umwelt erlebte und welche Umstände ausschlaggebend dafür waren, wo Menschen sich aufhielten. Diese „akustische Archäologie“ wird heute noch sehr selten angewandt. (Primeau and Witt, 2018)

Indem man bei der Ermittlung eines Total viewsheds oder auch Soundsheds die Umgebung der Punkte mit einbezieht, kann man zu einer strukturierten, aber rechenintensiven Charakterisierung eines Raumes gelangen. (Brughmans et al., 2018)

Die GIS-gestützte Rekonstruktion vergangener Lebensräume sollte versuchen, alle Eigenschaften, die für die Menschen Bedeutung hatten, zu erfassen. Darunter fallen Fragen der Sichtbarkeit, der Hörbarkeit, der Geländeeigenschaften, des Klimas und der Vegetation. Dieser rekonstruierte Lebensraum könnte durch Virtual/Augmented Reality veranschaulicht und sogar erlebbar gemacht werden sowie Gegenstand weiterer detaillierter Analysen sein.

Blickt man durch die „Brille“ eines Urmenschen, kann es eventuell sogar möglich sein, kognitive Faktoren bei der Wahl eines Standortes zu berücksichtigen.

4 Begriffserklärungen

Urgeschichte (oder Vorgeschichte): die Urgeschichte behandelt jene Kulturen, in der es noch keine schriftliche Überlieferung gab. (Schnurbein, 2014)

Die Erforschung dieser Kulturen muss daher durch andere Methoden als durch die Auswertung schriftlicher Quellen erfolgen.

„Urgeschichte: Der Begriff benennt jenen Teil der Geschichte, aus dem keine schriftliche Überlieferung existiert, so dass Geschichte allein anhand der dinglichen Hinterlassenschaften der Menschen (Denkmäler, Funde, menschliche Umwelteingriffe) erfasst werden kann. Die Urgeschichte endet mit dem Aufkommen von schriftlicher Überlieferung, was in unterschiedlichen Regionen der Welt zu unterschiedlicher Zeit geschah.

Vorgeschichte: Begriff sehr ähnlicher Bedeutung wie "Urgeschichte". Unterschied: wer Urgeschichte sagt, betrachtet auch die schriftlose Zeit der Menschheitsgeschichte als Teil der Geschichte, wer Vorgeschichte sagt, grenzt die "Geschichte" auf jene Zeiten ein, in denen es eine schriftliche Überlieferung gab. Hinter dem Wortpaar Urgeschichte / Vorgeschichte steckt also ein unterschiedliches Verständnis von dem, was Geschichte ist.

Frühgeschichte: Der Begriff benennt jenen Teil der Geschichte, aus dem eine spärliche schriftliche Überlieferung existiert, Bodenfunde aber eine wesentliche Ergänzung darstellen, um ein umfassenderes Bild der Geschichte zu gewinnen. In Mitteleuropa beginnt die Frühgeschichte mit der späteltischen Zeit und endet mit Beginn der Karolingerzeit, also um 750 n. Chr..“ (Deutschen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte e. V. (DGUF), 2017)

Hominini: als Hominini werden moderne Menschen, ausgestorbene Arten, alle unmittelbaren Vorfahren und alle Vertreter der Gattung Homo bezeichnet (z.B. Australopithecus).

Hominide: als Hominide werden alle lebenden und ausgestorbenen „großen Affen“ bezeichnet (d.h. alle modernen Menschen, Schimpansen, Gorillas, Orang-Utans und ihre unmittelbaren Vorfahren). (Blaxland, 2016)

Die beiden Begriffe wurden in früherer Zeit nicht immer unterschieden bzw. eindeutig verwendet.

Homo sapiens - moderner Mensch: es gibt verschiedene Ansätze, den ursprünglichen Homo sapiens vom modernen Menschen zu unterscheiden. Einige Wissenschaftler unterscheiden den archaischen Homo sapiens (ab vor ca. 300.000 Jahren) vom modernen Homo sapiens (ab vor ca. 160.000 - 200.000 Jahren). (Dorey, 2015)

Grundlage dieser fiktiven Trennung ist die Theorie eines Flaschenhalses, laut der es vor ca. 160.000 Jahren aufgrund eines Naturereignisses zu einem Bevölkerungszusammenbruch (dem sogenannten Flaschenhals) gekommen sei. Als Begründung für diese Theorie dient die Tatsache, dass die heutige Bevölkerung eine weitaus geringere genetische Vielfalt aufweist, als man aufgrund der ursprünglichen Bevölkerungsgröße und der vergangenen Zeit annehmen würde. Dieser markante Einschnitt dient als Basis für die Unterscheidung zwischen archaischem und modernem Homo sapiens, sie ist jedoch umstritten. Andere Hypothesen gehen von einer graduellen Entwicklung aus, sodass sich kein eindeutiger Übergangspunkt präzisieren lässt.

Es gibt noch andere mögliche Erklärungen für die geringere genetische Vielfalt: Menschen sind in sozialen und kulturellen Gruppen strukturiert. Die Neigung, sich mit Menschen innerhalb der eigenen Gruppe fortzupflanzen, ist größer als jene mit Menschen einer anderen Gruppe. Durch diese Tatsache wird ebenfalls die genetische Vielfalt reduziert. (Hublin, 2015)

Andere Ansätze unterscheiden Homo sapiens und Homo sapiens sapiens (moderner Mensch) und setzen ihn mit dem Beginn der Besiedelung Europas gleich. (Turcotte, 2017)

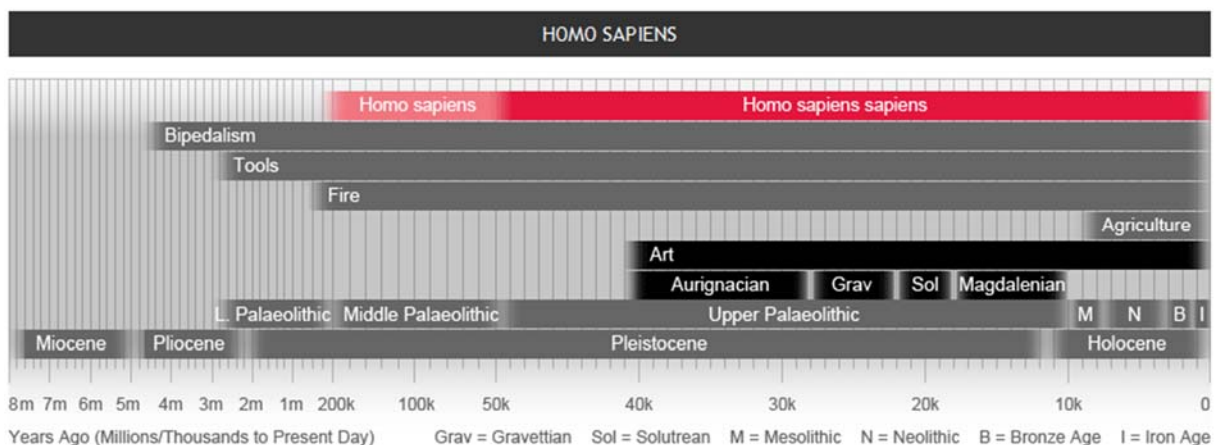


Abbildung 69: *Homo sapiens (sapiens) in Europa* (Turcotte, 2017)

In dieser Arbeit wird keine Unterscheidung zwischen Homo sapiens und dem modernen Menschen gemacht.

Proxy: da für die Rekonstruktion des Paläoklimas keine Wetteraufzeichnungen vorliegen, werden Klimadaten für die Urgeschichte anhand von „Proxydaten“ oder „Proxys“ abgeleitet. (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016b)

„Um Klimadaten (-informationen) der Vergangenheit zu erhalten, werden sogenannte Proxy-Daten herangezogen. Sie sind indirekte Anzeiger des Klimas und stammen aus natürlichen Archiven wie Baumringen, Eisbohrkernen, Korallen, See- oder Ozeansedimenten, Pollen oder menschlichen Archiven (historischen Aufzeichnungen). Sie können somit zur Rekonstruktion des Klimas der Vergangenheit herangezogen werden.“ (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, kurz BFW, 2012)

Neolithisierung: als Neolithisierung wird der Übergang von der Kultur der Jäger und Sammler zur sesshaften Lebensweise mit Viehzucht und Ackerbau bezeichnet; dieser Übergang fand zu Beginn der Jungsteinzeit (Neolithikum) statt. (Demoule, 2010)

Abri: „(...) an wandartig aufragenden Felsformationen sich aus Hohlkehlen entwickelnder Überhang. Diese insbesondere in bankigen Sandsteinen ausgebildeten Halbhöhlen wurden als ur- und frühgeschichtliche Wohn- und Zufluchtsorte sowie als Kultstätten genutzt. Ausgrabungen ergeben häufig reiche Aufschlüsse zur Siedlungs- und Klimageschichte seit dem Hochglazial.“ (Spektrum Akademischer Verlag, 2014a)

5 Literaturverzeichnis

- Adams, J., 2016. EUROPE DURING THE LAST 150,000 YEARS. Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory. <http://www.esd.ornl.gov/projects/qen/nercEUROPE.html>. Accessed 2 January 2017.
- Ahlrichs, J., 2015. Datieren in der Archäologie. <http://www.praehistorische-archaeologie.de/wissen/datierung/>. Accessed 8 January 2017.
- Ahlrichs, J., 2016. Entdeckung der Steinzeit. <http://www.praehistorische-archaeologie.de/wissen/die-steinzeit/>. Accessed 18 December 2016.
- Alexakis, D., Sarris, A., Astaras, T., Albanakis, K., 2011. Integrated GIS, remote sensing and geomorphologic approaches for the reconstruction of the landscape habitation of Thessaly during the neolithic period. *Journal of Archaeological Science* 38 (1), 89–100.
- Ammerman, A.J., Cavalli-Sforza, L.L., 1984. The neolithic transition and the genetics of populations in Europe. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1 online resource (194).
- AMS lab Beta, 2015. C14 Datierung, Atombomben Kohlenstoff - AMS lab Beta. <https://www.radiocarbon.com/deutsch/karbon-datierung-bomben-karbon.htm>. Accessed 1 April 2019.
- Arnberger, E., 1997. Thematische Kartographie: Mit einer Kurzeinführung über EDV-unterstützte Kartographie und Quellen der Fernerkundung, 4th ed. Westermann, Braunschweig, 245 pp.
- Bar-Yosef, O., 2006. Neanderthals and Modern Humans: A Different Interpretation, in: Conard, N.J. (Ed.), *When Neanderthals and modern humans met*. Kerns, Tübingen.
- Berger, J.-F., Guilaine, J., 2009. The 8200calBP abrupt environmental change and the Neolithic transition: A Mediterranean perspective. *Quaternary International* 200 (1-2), 31–49.
- Bertin, J., 1999. *Sémiologie graphique: Les diagrammes, les réseaux, les cartes*, 3rd ed. EHESS, Paris, 12 pp.
- Blaxland, B., 2016. Hominid and hominin – what’s the difference? - Australian Museum. Australian Museum. <http://australianmuseum.net.au/hominid-and-hominin-whats-the-difference>. Accessed 4 January 2017.
- Bollmann, J., 2001-2002. *Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden*. Spektrum, Berlin, 2 Bde.
- Bollongino, R., Nehlich, O., Richards, M.P., Orschiedt, J., Thomas, M.G., Sell, C., Fajkosova, Z., Powell, A., Burger, J., 2013. 2000 years of parallel societies in Stone Age Central Europe. *Science (New York, N.Y.)* 342 (6157), 479–481.
- Boyle, K.V., 1996. From Laugerie Basse to Jolivet: the organization of Final Magdalenian settlement in the Vézère valley. *World Archaeology (Vol.27(3))*, 477-291.

- Bradshaw Foundation, 2017. Rouffignac Cave - The Cave of the Hundred Mammoths. <http://www.bradshawfoundation.com/france/>. Accessed 2 January 2017.
- Bräuer, G., 2001. The 'Out-of-Africa' Model and the Question of Regional Continuity, in: Doyle, G.A., Moggi-Cecchi, J., Raath, M.A., Tobias, P.V. (Eds.), *Humanity from African Naissance to Coming Millennia*. Firenze University Press, s.l., pp. 183–190.
- Brughmans, T., van Garderen, M., Gillings, M., 2018. Introducing visual neighbourhood configurations for total viewsheds. *Journal of Archaeological Science* 96, 14–25.
- Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, kurz BFW, 2012. Lexikon waldschädigende Luftverunreinigungen und Klimawandel. <http://bfw.ac.at/rz/wlv.lexikon?keywin=3667>. Accessed 4 January 2017.
- Conolly, J., Lake, M., 2006. *Geographical information systems in archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge, 338 pp.
- Coolen, J., 2015. *Siedlungsgeografische Studien zum Frühneolithikum in der Umgebung von Melk, Niederösterreich*. Beier & Beran, Archäologische Fachliteratur, Langenweissbach.
- Crutzen, P.J., 2002. Geology of mankind. *Nature* 415 (6867), 23.
- Danese, M., Masini, N., Biscione, M., Lasaponara, R., 2014. Predictive modeling for preventive Archaeology: Overview and case study. *Open Geosciences* 6 (1).
- Delluc, B., Delluc, G., 2006. Art paléolithique, saisons et climats. *Comptes Rendus Palevol* 5 (1-2), 203–211.
- Demoule, J.-P., 2010. *La révolution néolithique dans le monde ; [Colloque "La Révolution Néolithique dans le Monde" ; du 2 au 4 octobre 2008]*. CNRS éditions; CNRS Éd, Paris, 488 pp.
- Deutschen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte e. V. (DGUF), 2017. *Urgeschichte, Vorgeschichte und andere Archäologien: eine Begriffsklärung*. <http://www.dguf.de/142.html>. Accessed 3 January 2017.
- Devièse, T., Karavanić, I., Comeskey, D., Kubiak, C., Korlević, P., Hajdinjak, M., Radović, S., Procopio, N., Buckley, M., Pääbo, S., Higham, T., 2017. Direct dating of Neanderthal remains from the site of Vindija Cave and implications for the Middle to Upper Paleolithic transition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114 (40), 10606–10611.
- Dier, T., 2016. *Erdgeschichte – Die Entstehung der Erde und des Lebens*. <http://www.histokomp.de/kompodium/erdgeschichte/>. Accessed 8 January 2017.
- Doneus, M., 2013. *Die hinterlassene Landschaft - Prospektion und Interpretation in der Landschaftsarchäologie*. Verl. der Österr. Akad. der Wiss, Wien, 399 pp.
- Dorey, F., 2015. *Homo sapiens – modern humans*. Australian Museum. <http://australianmuseum.net.au/hominid-and-hominin-whats-the-difference>. Accessed 4 January 2017.

- Droß, K., 2006. Zum Einsatz von Geoinformationssystemen in Geschichte und Archäologie. *Historical Social Research* Vol. 31, 279–287.
- Eggers, H.J., 1950. Die vergleichende geographisch-kartographische Methode in der Urgeschichtsforschung. *Archaeologia geographica* 1950 (1).
- Eggert, M.K.H., 2012. *Prähistorische Archäologie: Konzepte und Methoden*, 4th ed. Francke, Tübingen, Basel, XXI, 470 S.
- ESRI, 2016. Verwenden des Fensters "Zeitschieberegler"—Hilfe | ArcGIS for Desktop. <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/map/time/using-the-time-slider.htm>. Accessed 1 May 2019.
- ESRI, 2018a. Funktionsweise von "Kerndichte"—Hilfe | ArcGIS Desktop. <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm>. Accessed 26 February 2019.
- ESRI, 2018b. 3D Analyst und ArcScene—Hilfe | ArcGIS Desktop. <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/3d-analyst-and-arccscene.htm>. Accessed 1 May 2019.
- ESRI, 2019a. Mittlerer nächster Nachbar—ArcGIS Pro | ArcGIS Desktop. <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/average-nearest-neighbor.htm>. Accessed 25 April 2019.
- ESRI, 2019b. Visualisieren des Raum-Zeit-Würfels—ArcGIS Help | ArcGIS Desktop. <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/space-time-pattern-mining/visualizing-cube-data.htm>. Accessed 1 May 2019.
- Eurostat, 2010. EU DEM (LAEA). Europäische Kommission. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/elevation/eu-dem-laea>. Accessed 20 October 2017.
- Fleiter, E., 2012. Infoblatt Epochen und Kulturen der Steinzeit. Geographie Infothek. http://www2.klett.de/sixcms/list.php?page=infothek_artikel&extra=TERRA%20WZG-Online&artikel_id=434203&inhalt=klett71prod_1.c.130587.de.
- Fu, Q., Posth, C., Hajdinjak, M., Petr, M., Mallick, S., Fernandes, D., Furtwangler, A., Haak, W., Meyer, M., Mitnik, A., Nickel, B., Peltzer, A., Rohland, N., Slon, V., Talamo, S., Lazaridis, I., Lipson, M., Mathieson, I., Schiffels, S., Skoglund, P., Derevianko, A.P., Drozdov, N., Slavinsky, V., Tsybankov, A., Cremonesi, R.G., Mallegni, F., Gely, B., Vacca, E., Morales, M.R.G., Straus, L.G., Neugebauer-Maresch, C., Teschler-Nicola, M., Constantin, S., Moldovan, O.T., Benazzi, S., Peresani, M., Coppola, D., Lari, M., Ricci, S., Ronchitelli, A., Valentin, F., Thevenet, C., Wehrberger, K., Grigorescu, D., Rougier, H., Crevecoeur, I., Flas, D., Semal, P., Mannino, M.A., Cupillard, C., Bocherens, H., Conard, N.J., Harvati, K., Moiseyev, V., Drucker, D.G., Svoboda, J., Richards, M.P., Caramelli, D., Pinhasi, R., Kelso, J., Patterson, N., Krause, J., Paabo, S., Reich, D., 2016. The genetic history of Ice Age Europe. *Nature* 534 (7606), 200–205.

- Galeta, P., Sladek, V., Sosna, D., Bruzek, J., 2011. Modeling neolithic dispersal in central Europe: demographic implications. *American journal of physical anthropology* 146 (1), 104–115.
- Garcia, A., 2013. GIS-based methodology for Palaeolithic site location preferences analysis. A case study from Late Palaeolithic Cantabria (Northern Iberian Peninsula). *Journal of Archaeological Science* 40 (1), 217–226.
- Garcia-Moreno, A., 2013. To see or to be seen... is that the question?: An evaluation of palaeolithic sites' visual presence and their role in social organization. *Journal of Anthropological Archaeology* 32 (4), 647–658.
- GDAL, 2019. GDAL. <https://gdal.org/>.
- Guth, P., 2009. Geomorphometry in MicroDEM, in: Hengl, T., Reuter, H.I. (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, software, applications*, 1st ed. Elsevier, Amsterdam.
- Hake, G., Grünreich, D., Meng, L., 2002. *Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*, 8th ed. Walter de Gruyter; De Gruyter, Berlin, New York, XIII, 604 s.
- Heinz-Josef Lücking, 2018. Digitales Geländemodell. <http://www.giswiki.org>.
- Henry, D.O., Belmaker, M., Bergin, S.M., 2016. The effect of terrain on Neanderthal ecology in the Levant. *Quaternary International*.
- Herzog, I., 2014. A review of case studies in archaeological least-cost analysis. *Archeologia e Calcolatori* 2014, 223–239.
- Hodder, I., Orton, C., 1989. *Spatial analysis in archaeology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 270 pp.
- Hoffecker, J.F., 2009. Out of Africa: modern human origins special feature: the spread of modern humans in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (38), 16040–16045.
- Holt, B.M., 2015. Anatomically Modern Homo sapiens, in: Muehlenbein, M.P. (Ed.), *Basics in Human Evolution*. Elsevier, pp. 177–192.
- Hominides.com, 2016. Moustérien - Industries lithiques - Hominidés. <http://www.hominides.com/html/prehistoire/mousterien.php>. Accessed 11 December 2016.
- Hublin, J.-J., 2014/2015. *La première sortie d'Afrique*. Collège de France, CHAIRE INTERNATIONALE DE PALÉOANTHROPOLOGIE, Année académique 2014-2015. Collège de France, Paris.
- Hublin, J.-J., 2015/2016. *Néandertals et Denisoviens*. Collège de France, CHAIRE INTERNATIONALE DE PALÉOANTHROPOLOGIE, Année académique 2015-2016. Collège de France, Paris.
- Hublin, J.-J., 2015. The modern human colonization of western Eurasia: When and where? *Quaternary Science Reviews* 118, 194–210.

- Hublin, J.-J., 2016/2017. Homo sapiens : l'espèce orpheline. Collège de France, CHAIRE INTERNATIONALE DE PALÉOANTHROPOLOGIE, Année académique 2016-2017. Collège de France, Paris.
- Hublin, J.-J., Talamo, S., Julien, M., David, F., Connet, N., Bodu, P., Vandermeersch, B., Richards, M.P., 2012. Radiocarbon dates from the Grotte du Renne and Saint-Cesaire support a Neandertal origin for the Chatelperronian. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (46), 18743–18748.
- IGN, 2012. RGE ALTI®. Institut national de l'information géographique et forestière. <http://professionnels.ign.fr/rgealti>. Accessed 20 October 2017.
- Imhof, E., 1972. *Lehrbuch der Allgemeinen Geographie: Band 10: Thematische Kartographie*. De Gruyter, Berlin, Online-Ressource.
- Institut für Kartographie und Geoinformation, 2004. Visualisierung von GIS-Lehrstoffen: Kartographie nach Bertin. Accessed 5 March 2017, 24 pp.
- Isern, N., Fort, J., Carvalho, A.F., Gibaja, J.F., Ibañez, J.J., 2014. The Neolithic Transition in the Iberian Peninsula: Data Analysis and Modeling. *J Archaeol Method Theory* 21 (2), 447–460.
- Kainz, W., 2010. *Geographic Information Science, Technology and Infrastructure (GIS)*, Wien.
- Kappas, M., 2012. *Geographische Informationssysteme*, 2nd ed. Westermann, Braunschweig, 284 S.
- Kowanda, A., Heynowski, R., 2011. Archäologische Karten. Ergebnisse aus 15 Jahren Kooperation zwischen der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden und dem Sächsischen Landesamt für Archäologie. *Kartographische Nachrichten* (Heft 6/2011).
- Kozłowski, J.K., 2005. Les premières migrations humaines et les premières étapes du peuplement de l'Europe. *Diogenes* 211 (3), 9.
- Lange, N.d., 2013. *Geoinformatik in Theorie und Praxis*, 3rd ed. Springer Spektrum, Berlin, 476 pp.
- Langlais, M., Costamagno, S., Laroulandie, V., Pétilion, J.-M., Discamps, E., Mallye, J.-B., Cochard, D., Kuntz, D., 2012. The evolution of Magdalenian societies in South-West France between 18,000 and 14,000 calBP: Changing environments, changing tool kits. *Quaternary International* 272-273, 138–149.
- Legg, R.J., 2008. Catchment Analysis, in: Pearsall, D.M. (Ed.), *Encyclopedia of archaeology*. Elsevier, Acad. Press, Amsterdam [u.a.].
- Leitner, M., 2016. *Crime Hot Spot Mapping*. Universität Wien. Vorlesung Gis und Kriminalität, 2016, Wien.
- Levine, N., 2013. CrimeStat III, Part III: Spatial Modeling. Accessed 26 February 2019.
- Llobera, M., 2003. Extending GIS-based visual analysis: the concept of visualsapes. *International Journal of Geographical Information Science* 17 (1), 25–48.

- Llobera, M., Fábrega-Álvarez, P., Parceró-Oubiña, C., 2011. Order in movement: A GIS approach to accessibility. *Journal of Archaeological Science* 38 (4), 843–851.
- LU, H., 2008. Modelling Terrain Complexity, in: Zhou, Q., Lees, B., Tang, G.-a. (Eds.), *Advances in Digital Terrain Analysis*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- MacEachren, A.M., 2004. *How maps work: Representation, visualization, and design*. Guilford Press, New York, 513 pp.
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Curt Stager, J., Karlén, W., Maasch, K.A., David Meeker, L., Meyerson, E.A., Gasse, F., van Kreveland, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R.R., Steig, E.J., 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62 (3), 243–255.
- Mellars, P., 2004. Neanderthals and the modern human colonization of Europe. *Nature* 432 (7016), 461–465.
- Mellars, P., French, J.C., 2011. Tenfold population increase in Western Europe at the Neandertal-to-modern human transition. *Science (New York, N.Y.)* 333 (6042), 623–627.
- Menghin, O., 1915. *Über archäologische Fundkarten im Allgemeinen und österreichische Fundkarten im Besonderen*. Hartleben, Wien und Leipzig.
- Miller, R., 2012. Mapping the expansion of the Northwest Magdalenian. *Quaternary International* 272–273, 209–230.
- Mölders, D., 2014. *Schlüsselbegriffe der prähistorischen Archäologie*. Waxmann, Münster [u.a.], 403 S.
- Mummenthey, R.-D., 2015. *ArcGIS spatial analyst : Geoverarbeitung mit Rasterdaten*, 2nd ed. Wichmann, Berlin : Offenbach.
- Obermair, R., 2017. Oswald Menghin, Prof. Dr. <https://geschichte.univie.ac.at/de/personen/oswald-menghin-prof-dr>. Accessed 24 September 2019.
- Ortega, I., Rios, J., Ibañez, J.-J., Gonzalez, J., Boëda, E., Sellami, F., 2006. L'occupation de l'Aurignacien Ancien De Barbas III (Creysse, Dordogne). *Société des amis du Musée national de préhistoire et de la recherche archéologique (SAMRA)*. <https://journals.openedition.org/paleo/183>. Accessed 27 October 2018.
- Österreichische Forschungsgruppe für Geomorphologie und Umweltwandel, 2018. Was ist Geomorphologie? <http://www.geomorph.at/startseite/was-ist-geomorphologie>. Accessed 1 May 2018.
- Parzinger, H., 2014. Vorwort Atlas der Vorgeschichte, in: Schnurbein, S.v., Hänsel, B. (Eds.), *Atlas der Vorgeschichte. Europa von den ersten Menschen bis Christi Geburt*, 3rd ed. Theiss, Darmstadt, p. 9.

- Primeau, K.E., Witt, D.E., 2018. Soundscapes in the past: Investigating sound at the landscape level. *Journal of Archaeological Science: Reports* 19, 875–885.
- Qiao, W.W., Bi, S.B., Wang, Q.F., Liang, J.T., 2013. Analysis of Spatial Distribution of the Neolithic Settlements in Zhengzhou-Luoyang Area by Using GIS. *AMM* 284-287, 1518–1522.
- Rase, W.-D., 2016. Kartographische Oberflächen: Interpolation, Analyse, Visualisierung, iv, 326 Seiten.
- Reimer, P., 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *azu_js_rc* 55 (4), 1869–1887.
- Renfrew, C., Bahn, P.G., 2005. *Archaeology: The key concepts*, 1 online resource (xiv, 298 pages).
- Reudenbach, C., Schulze, U., 2013. Von räumlichen Analysemethoden zur Entscheidungsfindung: Geomorphometrie oder wie Informationen aus Ableitungen entstehen. http://gisbsc.gis-ma.org/GISBSCL7/de/html/VL7a_V_lo1.html. Accessed 1 May 2018.
- Rigos, A., 2014. Wanderungen der frühen Menschen: Die Homininen und ihre Verbreitung. *Geo Kompakt* 2014 (41).
- Riley, S.J., DeGloria Stephen D., Elliot, R., 1999. A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences* 1999 (vol. 5, No. 1-4).
- Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Leibniz-Forschungsinstitut für Archäologie, 2016. Studien zur Dynamik neolithischer Gesellschaften (nldynamics). <http://web.rgzm.de/museen/details-neues-aus-den-museen/article/studien-zur-dynamik-neolithischer-gesellschaften-nldynamics/>. Accessed 28 December 2016.
- Ruddy, M., 2018. Lisiecki and Raymo (2005) Marine Oxygen Isotope curve - Late Quaternary. <http://www.stage5e.com/resources/lisiecki-raymo-d18o-late-quaternary/>. Accessed 8 April 2019.
- Sanchez-Quinto, F., Botigue, L.R., Civit, S., Arenas, C., Avila-Arcos, M.C., Bustamante, C.D., Comas, D., Lalueza-Fox, C., 2012. North African populations carry the signature of admixture with Neandertals. *PLoS ONE* 7 (10), e47765.
- Schnurbein, S.v., 2014. Einführung in Atlas der Vorgeschichte, in: Schnurbein, S.v., Hänsel, B. (Eds.), *Atlas der Vorgeschichte. Europa von den ersten Menschen bis Christi Geburt*, 3rd ed. Theiss, Darmstadt, p. 9.
- Schröder, R., 2009. „Berücksichtigung des Denkmalschutzes“ bei der Planung von Solaranlagen am Beispiel der Stadt Potsdam. <http://unigis.sbg.ac.at/files/Masterthesen/Full/1447.pdf>.
- Schwendler, R.H., 2012. Diversity in social organization across Magdalenian Western Europe ca. 17–12,000 BP. *Quaternary International* 272-273, 333–353.
- Seubers, J., 2014. Manual for creating Walking Time Buffers with barriers based on a Digital Elevation Model in ArcGIS. Accessed 5 February 2018, 9 pp.

- Spektrum Akademischer Verlag, 2014a. Abri - Lexikon der Geographie. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/abri/47>. Accessed 19 May 2020.
- Spektrum Akademischer Verlag, 2014b. Dynamische Variablen - Lexikon der Kartographie und Geomatik. <https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/dynamische-variablen/1099>. Accessed 19 May 2020.
- Spektrum Akademischer Verlag, 2014c. Erdzeitalter - Kompaktlexikon der Biologie. <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/erdzeitalter/3815>. Accessed 13 August 2017.
- Spektrum Akademischer Verlag, 2014d. Thiessen-Polygon-Verfahren - Lexikon der Geographie. <http://www.spektrum.de/lexikon/geographie/thiessen-polygon-verfahren/8089>. Accessed 13 August 2017.
- Spektrum Akademischer Verlag, 2014e. Topographische Karte - Lexikon der Geographie. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. <http://www.spektrum.de/lexikon/geographie/topographische-karte/8145>. Accessed 13 August 2017.
- Spektrum Akademischer Verlag, 2016. Heinrich-Event kühlte Erde tatsächlich ab - Klimafor-schung. <https://www.spektrum.de/news/heinrich-event-kuehlte-erde-tatsaechlich-ab/797253>. Accessed 19 May 2020.
- Spektrum Akademischer Verlag, 2017. Altersbestimmung - Kompaktlexikon der Biologie. <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/altersbestimmung/466>. Accessed 8 January 2017.
- Staubwasser, M., Drăgușin, V., Onac, B.P., Assonov, S., Ersek, V., Hoffmann, D.L., Veres, D., 2018. Impact of climate change on the transition of Neanderthals to modern humans in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115 (37), 9116–9121.
- Stringer, C., MacKie, R., 1996. Afrika - Wiege der Menschheit: Die Entstehung, Entwicklung und Ausbreitung des Homo sapiens. Limes-Verl., München, 383 pp.
- Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds.), 2012. Angewandte Geoinformatik 2012: Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg ; [4. bis 6. Juli 2012 ; agit2012 - GI Impulse vernetzen]. Wichmann, Berlin, 820 pp.
- Südwestrundfunk, W.R., 2017. Methoden der Altersdatierung in der Paläoanthropologie: Planet Schule - Multimedia - Interaktive Animationen Detailseite - Schulfernsehen multimedial des SWR und des WDR. <https://www.planet-schule.de/sf/multimedia-interaktive-animationen-detail.php?projekt=altersbestimmung>. Accessed 8 January 2017.

- Tallavaara, M., Luoto, M., Korhonen, N., Jarvinen, H., Seppä, H., 2015. Human population dynamics in Europe over the Last Glacial Maximum. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (27), 8232–8237.
- Terberger, T., 2014. Die Alt- und Mittelsteinzeit: 1,3 Millionen Jahre - 4000 . Chr., in: Schnurbein, S.v., Hänsel, B. (Eds.), *Atlas der Vorgeschichte. Europa von den ersten Menschen bis Christi Geburt*, 3rd ed. Theiss, Darmstadt.
- The Australian Museum, 2019. Homo antecessor. <https://australianmuseum.net.au/learn/science/human-evolution/homo-antecessor/>. Accessed 10 April 2019.
- Timmermann, A., Friedrich, T., 2016. Late Pleistocene climate drivers of early human migration. *Nature* 538 (7623), 92–95.
- Trigger, B.G., op. 1980. *Gordon Childe: Revolutions in archaeology*. Thames and Hudson, London, 207 pp.
- Trinkaus, E., Milota, Ș., Rodrigo, R., Mircea, G., Moldovan, O., 2003. Early modern human cranial remains from the Peștera cu Oase, Romania. *Journal of Human Evolution* 45 (3), 245–253.
- Trischler, H., 2016. Das Anthropozän. Eine Herausforderung für die Geschichte der Wissenschaften, Technik und Umwelt. *NTM* 24 (3), 309–335.
- Tronel, J.-F., 2018. Les Éditions Esprit de Pays: Géographie – Géologie – Climat - Esprit de Pays Dordogne-Périgord. <http://espritdepays.com/comprendre/geographie-geologie-climat>. Accessed 12 August 2019.
- Turcotte, C., 2017. Homo sapiens. Bradshaw Foundation. http://www.bradshawfoundation.com/origins/homo_sapiens.php. Accessed 4 January 2017.
- Ullah, I., 2015. GRASS GIS manual: r.catchment. <https://grass.osgeo.org/grass72/manuals/addons/r.catchment.html>. Accessed 17 January 2017.
- Uslar, R.v., 1991. *Vorgeschichtliche Fundkarten der Alpen*. P. von Zabern, Mainz am Rhein, viii, 514.
- van Andel, T.H., Aiello, L.C., 2003. Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glaciation: Archaeological results of the Stage 3 project. McDonald Institute for Archaeological Research [u.a.], Cambridge, 265 pp.
- Vaquero, M., Maroto, J., Arrizabalaga, A., Baena, J., Baquedano, E., Carrión, E., Jordà, J.F., Martínón, M., Menéndez, M., Montes, R., 2006. The Neandertal–Modern Human Meeting in Iberia: A Critical View of the Cultural, Geographical and Chronological Data, in: Conard, N.J. (Ed.), *When Neanderthals and modern humans met*. Kerns, Tübingen.

- Vetter, M., Barnikel, F., 2012. GIS-gestützte Rekonstruktion der Lebensbedingungen von Ureuropäern, in: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds.), *Angewandte Geoinformatik 2012. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg* ; [4. bis 6. Juli 2012 ; agit2012 - GI Impulse vernetzen]. Wichmann, Berlin, pp. 24–33.
- Weninger, B., Clare, L., Rohling, E., Bar-Yosef, O., Böhner, U., Budja, M., Bundschuh, M., Feurdean, A., Gebe, H.G., Jöris, O., Linstädter, J., Mayewski, P., Mühlenbruch, T., Reingruber, A., Rollefson, G., Schyle, D., Thissen, L., Todorova, H., Zielhofer, C., 2009. The Impact of Rapid Climate Change on Prehistoric Societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean. *Doc. praeh.* 36 (0), 7.
- Winkler, M., 2010. Ein geomorphometrisches Anwendungsprofil für den Web Processing Service: Ein Ansatz zur Analyse digitaler Höhenmodelle in Geodateninfrastrukturen. <http://u-nigis.sbg.ac.at/files/Masterthesen/Full/1486.pdf>.
- Wood, B.A., 2005. *Human evolution : a very short introduction*. Oxford University Press, Oxford, New York.
- Wright, D.K., MacEachern, S., Lee, J., 2014. Analysis of feature intervisibility and cumulative visibility using GIS, Bayesian and spatial statistics: a study from the Mandara Mountains, northern Cameroon. *PLoS ONE* 9 (11), e112191.
- Xu, J., Jia, Y., Ma, C., Zhu, C., Wu, L., Li, Y., Wang, X., 2016. Geographic distribution of archaeological sites and their response to climate and environmental change between 10.0–2.8 ka BP in the Poyang Lake Basin, China. *J. Geogr. Sci.* 26 (5), 603–618.
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016a. 4,6 Mrd. Jahre — ZAMG. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG). <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/palaeoklima/4-6-mrd.-jahre>. Accessed 31 December 2016.
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2016b. Klimarekonstruktion — ZAMG. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG). <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimafor-schung/klimarekonstruktion>. Accessed 31 December 2016.

6 Anhang

Daten Beispiel 1 - Moustérien

ID	Site	Zeit	Länge	Breite
1	Salemas	25-22 ka	-9,192	38,894
2	A. Moula	25-22 ka	4,837	44,889
3	Gr. St-Marcel	25-22 ka	4,542	44,3308
4	Salemas	29-26 ka	-9,192	38,894
5	Les Pecheurs	29-26 ka	4,213	44,412
6	Gr. d'Echenoz-la-Meline	29-26 ka	6,139	47,608
7	Gr. St-Marcel	29-26 ka	4,542	44,3308
8	Caldeirao Cave	33-30 ka	-8,4648	39,6357
9	Salemas	33-30 ka	-9,192	38,894
10	Columbeira Gruta Nova	33-30 ka	-9,1932	39,2998
11	Columbeira Gruta Nova	33-30 ka	-9,1932	39,2998
12	Zafarraya Cave	33-30 ka	-4,1267	36,951
13	Grotte du Renne Arcy-sur-Cure	33-30 ka	3,769	47,595
14	Combe Grenal	33-30 ka	1,223	44,8084
15	A du Mas Viel	33-30 ka	1,848	44,716
16	Gr. de La Baume	33-30 ka	5,496	46,4757
17	A. Brugas	33-30 ka	4,484	44,059
18	L'Ermitage	33-30 ka	0,7167	46,3833
19	Gr. St-Marcel	33-30 ka	4,542	44,3308
20	A. Sabourin	33-30 ka	0,872	46,708
21	Montagne de Girault	33-30 ka	4,2833	47,533
22	Foz do Enxarrique	37-34 ka	-7,6431	39,6611
23	Figueira Brava Cave	37-34 ka	-8,969	38,486
24	Oliveira Cave	37-34 ka	-8,5898	39,5307
25	Almonda	37-34 ka	-8,5898	39,5307
26	Les Cottés	37-34 ka	0,851	47,7
27	La Quina Y-Z	37-34 ka	0,303	45,504
28	Les Rivaux	37-34 ka	3,8685	45,0615
29	L'Arbreda	42-38 ka	2,747	42,161
30	Ermitons Cave	42-38 ka	2,611	42,265
31	Cueva Milian	42-38 ka	-3,4256	42,0735
32	Roche a Pierrot	42-38 ka	-0,506	45,747
33	Les Cottés	42-38 ka	0,851	47,7
34	La Quina Y-Z	42-38 ka	0,303	45,504
35	Combe Grenal	42-38 ka	1,223	44,8084
36	A. Moula	42-38 ka	4,837	44,889
37	Pech de l'Aze II	42-38 ka	1,249	44,8673
38	Gr. de la Chenelaz	42-38 ka	5,551	45,885
39	Gr. Tournal Grande Grotte de Bize	42-38 ka	2,8818	43,3409

40	Le Moustier	42-38 ka	1,07	45,002
41	Le Moustier	42-38 ka	1,07	45,002
42	Oliveira Cave	47-43 ka	-8,5898	39,5307
43	Castillo	47-43 ka	-3,955	43,2918
44	Abric Romani	47-43 ka	1,676	41,539
45	L'Arbreda	47-43 ka	2,747	42,161
46	Cova Beneito	47-43 ka	-0,491	38,778
47	Roca dels Bous	47-43 ka	0,8699	41,866
48	Cueva Milian	47-43 ka	-3,4256	42,0735
49	Kurtzia	47-43 ka	-2,958	43,402
50	Vanguard Cave	47-43 ka	-5,3	36,133
51	Combe Grenal	47-43 ka	1,223	44,8084
52	Pech de l'Aze II	47-43 ka	1,249	44,8673
53	Neron	47-43 ka	4,836	44,891
54	Barbas III	47-43 ka	0,5584	44,866
55	Le Moustier	47-43 ka	1,07	45,002
56	Abri du Ranc de l'Arc	47-43 ka	4,4295	44,4442
57	Gruta do Escoural	59-47 ka	-8,137	38,5345
58	Columbeira Gruta Nova	59-47 ka	-9,1932	39,2998
59	Roca dels Bous	59-47 ka	0,8699	41,866
60	Cariguela	59-47 ka	-3,432	37,438
61	Pena Miel 1	59-47 ka	-2,619	42,2089
62	Los Moros I	59-47 ka	0,3989	42,0189
63	Gorham's Cave	59-47 ka	-5,3	36,133
64	Vanguard Cave	59-47 ka	-5,3	36,133
65	Regourdou	59-47 ka	1,17	45,055
66	Gr. aux Ours	59-47 ka	6,3833	47,4667
67	La Chapelle-aux-Saints	59-47 ka	1,728	44,995
68	Pech de l'Aze II	59-47 ka	1,249	44,8673
69	Ioton	59-47 ka	4,621	43,832
70	Fonseigner	59-47 ka	0,6095	45,341
71	A. Brugas	59-47 ka	4,484	44,059
72	La Roquette II	59-47 ka	3,903	43,943
73	Barbas III	59-47 ka	0,5584	44,866
74	Le Moustier	59-47 ka	1,07	45,002
75	Columbeira Gruta Nova	70-60 ka	-9,1932	39,2998
76	Castillo	70-60 ka	-3,9555	43,2918
77	Gorham's Cave	70-60 ka	-5,3	36,133
78	Combe Grenal	70-60 ka	1,223	44,8084
79	Vanguard Cave	70-60 ka	-5,3	36,133
80	Pech de l'Aze II	70-60 ka	1,249	44,8673
81	A. Brugas	70-60 ka	4,484	44,059
82	Aldene	70-60 ka	2,7005	43,3534
83	Pie Lombard	70-60 ka	7,049	43,705

Daten Beispiel 1 - Aurignacien

ID	Site	Zeit	Länge	Breite
1	La Riera	25-22 ka	-4,837	43,42
2	Abri Pataud	25-22 ka	1,011	44,937
3	Roche a Pierrot	25-22 ka	-0,506	45,747
4	La Salpetriere	25-22 ka	4,542	43,95
5	Pego do Diabo	29-26 ka	-9,217	38,901
6	Labeko Koba	29-26 ka	-2,458	43,066
7	Abric Romani	29-26 ka	1,676	41,539
8	L'Arbreda	29-26 ka	2,747	42,161
9	Cova Beneito	29-26 ka	-0,491	38,778
10	Le Flageolet I	29-26 ka	1,0833	44,85
11	Le Piage	29-26 ka	1,366	44,797
12	Les Pecheurs	29-26 ka	4,213	44,412
13	Canecaude I	29-26 ka	2,335	43,314
14	Le Raysse	29-26 ka	1,5394	45,143
15	Tuto de Carnalhot	29-26 ka	1,6285	43,0104
16	Fontenioux	29-26 ka	0,855	46,703
17	Gr des Fieux	29-26 ka	1,673	44,877
18	Pego do Diabo	33-30 ka	-9,217	38,901
19	Labeko Koba	33-30 ka	-2,458	43,066
20	Cueva Morin	33-30 ka	-3,84	43,361
21	Mallaetes Cave	33-30 ka	-0,3	38,926
22	Abric Romani	33-30 ka	1,676	41,539
23	L'Arbreda	33-30 ka	2,747	42,161
24	Reclau Viver	33-30 ka	2,747	42,161
25	Nerja	33-30 ka	-3,892	36,748
26	Gorham's Cave	33-30 ka	-5,3	36,133
27	Abri Pataud	33-30 ka	1,011	44,937
28	La Ferrassie	33-30 ka	0,941	44,955
29	Roc de Combe	33-30 ka	1,333	44,767
30	Abri Caminade	33-30 ka	1,257	44,876
31	Le Piage	33-30 ka	1,366	44,797
32	La Salpetriere	33-30 ka	4,542	43,95
33	Les Pecheurs	33-30 ka	4,213	44,412
34	Roc de Marcamps	33-30 ka	-0,492	45,044
35	Gr. de Hyenes Brassempouy	33-30 ka	-0,692	43,638
36	Abri du Facteur	33-30 ka	1,062	44,978
37	La Rochette	33-30 ka	1,1016	45,0158
38	Ruso	37-34 ka	-3,8834	43,4398
39	Labeko Koba	37-34 ka	-2,458	43,066
40	La Guelga	37-34 ka	-5,117	43,657
41	Cueva Morin	37-34 ka	-3,84	43,361

42	Cal Coix	37-34 ka	2,711	41,776
43	Abri Pataud	37-34 ka	1,011	44,937
44	Le Flageolet I	37-34 ka	1,0833	44,85
45	La Ferrassie	37-34 ka	0,941	44,955
46	Esquicho-Grapaou	37-34 ka	4,3259	43,9296
47	Grotte du Renne Arcy-sur-Cure	37-34 ka	3,769	47,595
48	Les Cottés	37-34 ka	0,851	47,7
49	La Quina Y-Z	37-34 ka	0,303	45,504
50	Gr. de Hyenes Brassempouy	37-34 ka	-0,692	43,638
51	Arenillas	42-38 ka	-3,776	43,481
52	La Vina	42-38 ka	-5,8055	43,314
53	Castillo	42-38 ka	-3,9555	43,2918
54	Abric Romani	42-38 ka	1,676	41,539
55	L'Arbreda	42-38 ka	2,747	42,161
56	Mollet Cave	42-38 ka	2,747	42,161
57	Cova Beneito	42-38 ka	-0,491	38,778
58	La Ferrassie	42-38 ka	0,941	44,955
59	Roc de Combe	42-38 ka	1,333	44,767
60	Abri Caminade	42-38 ka	1,257	44,876
61	Isturitz	42-38 ka	-1,196	43,371
62	A. Castanet	42-38 ka	1,0995	45,0068
63	A. Combe Sauniere	42-38 ka	0,8836	45,2307
64	Riparo Mochi	42-38 ka	7,5475	43,7894
65	Abric Romani	47-43 ka	1,676	41,539
66	L'Arbreda	47-43 ka	2,747	42,161

Daten Beispiel 1 - Gravettien

ID	Site	Zeit	Länge	Breite
1	Terra do Manuel	25-22 ka	-8,9844	39,3541
2	Cueva Morin	25-22 ka	-3,84	43,361
3	L'Arbreda	25-22 ka	2,747	42,161
4	Roc de la Melca	25-22 ka	2,578	42,104
5	Abri Pataud	25-22 ka	1,011	44,937
6	Le Flageolet I	25-22 ka	1,0833	44,85
7	Grotte du Renne Arcy-sur-Cure	25-22 ka	3,769	47,595
8	La Salpetriere	25-22 ka	4,542	43,95
9	Brassempouy	25-22 ka	-0,692	43,638
10	Laugerie-Haute Est	25-22 ka	0,95	44,967
11	Montigny	25-22 ka	2,756	48,341
12	Puy-Jarrige II	25-22 ka	1,487	45,125
13	Bouzil	25-22 ka	4,631	44,499
14	A. Combe Sauniere	25-22 ka	0,8836	45,2307
15	Gr. d'Enlene	25-22 ka	1,199	43,057
16	La Vigne Brun	25-22 ka	4,0286	45,9822

17	Cabeco de Porto Marinho III	29-26 ka	-8,923	39,376
18	Buraca Escura	29-26 ka	-8,541	39,988
19	Abrigo do Lagar Velho	29-26 ka	-8,696	39,745
20	Nerja Vestibulo	29-26 ka	-3,892	36,748
21	Aitzbitarte III	29-26 ka	-1,9044	43,2654
22	Le Flageolet I	29-26 ka	1,0833	44,85
23	La Ferrassie	29-26 ka	0,941	44,955
24	Arcy-sur-Cure	29-26 ka	3,769	47,595
25	Grande Grotte Arcy-sur-Cure	29-26 ka	3,7694	47,595
26	Roc de Combe	29-26 ka	1,333	44,767
27	Le Piage	29-26 ka	1,366	44,797
28	La Salpetriere	29-26 ka	4,542	43,95
29	Grotte Chauvet	29-26 ka	4,424	44,387
30	Les Vignes	29-26 ka	4,72	46,818
31	Solutre	29-26 ka	4,726	46,299
32	Solutre	29-26 ka	4,726	46,299
33	Gr. de Laraux	29-26 ka	0,71667	46,4
34	Bouzil	29-26 ka	4,631	44,499
35	Abri du Facteur	29-26 ka	1,062	44,978
36	Gr. Tournal (or Grande Grotte de Bize)	29-26 ka	2,8818	43,3409
37	Le Raysse	29-26 ka	1,5394	45,143
38	Tuto de Camalhot	29-26 ka	1,6285	43,0104
39	Fontenioux	29-26 ka	0,855	46,703
40	La Vigne Brun	29-26 ka	4,0286	45,9822
41	Alkerdi	33-30 ka	-1,506	43,26
42	Amalda Cave	33-30 ka	-2,2008	43,2274
43	Cueto de la Mina	33-30 ka	-4,8375	43,4205
44	Abri Pataud	33-30 ka	1,011	44,937
45	Le Flageolet I	33-30 ka	1,0833	44,85
46	La Ferrassie	33-30 ka	0,941	44,955
47	Grande Grotte Arcy-sur-Cure	33-30 ka	3,7694	47,595
48	Le Piage	33-30 ka	1,366	44,797
49	Grotte Chauvet	33-30 ka	4,424	44,387
50	Solutre	33-30 ka	4,726	46,299
51	Gr. du Castell	33-30 ka	2,15	43,4833
52	Trou du Rhinoceros	33-30 ka	-0,162	43,107
53	Grotte de Courau (Grotte Sauce)	33-30 ka	-0,162	43,107

Daten Beispiel 2 - Magdalénien

ID	Site	Zeit	Länge	Breite
1	Aardhorst	12.9-11.5	5,2833	51,4167
2	Abeurador	12.9-11.5	1,65	42,5833333
3	Abri du Mannlefelsen	12.9-11.5	7,2333	47,45
4	Abri du Mannlefelsen	12.9-11.5	7,2333	47,45
5	Abri Martin	12.9-11.5	6,95	43,8
6	Abri Martin	12.9-11.5	6,95	43,8
7	Abri Pataud	12.9-11.5	1,01213	44,93733
8	Altwasser Höhle 1	12.9-11.5	9,3333	47,25
9	Andernach-Martinsberg	12.9-11.5	7,4005	50,43337
10	Andernach-Martinsberg	12.9-11.5	7,4005	50,43337
11	Andernach-Martinsberg 3	12.9-11.5	7,39976	50,43301
12	Andernach-Martinsberg 3	12.9-11.5	7,39976	50,43301
13	Baerenkeller	12.9-11.5	11,1	50,65
14	Baraquettes	12.9-11.5	2,55	45
15	Baume de Vallorgues	12.9-11.5	4,43333	44,05
16	Baume de Vallorgues	12.9-11.5	4,43333	44,05
17	Baume de Vallorgues	12.9-11.5	4,43333	44,05
18	Baume de Vallorgues	12.9-11.5	4,43333	44,05
19	Baume de Vallorgues	12.9-11.5	4,43333	44,05
20	Bedburg-Königshoven	12.9-11.5	6,51171	51,02919
21	Bedburg-Königshoven	12.9-11.5	6,51171	51,02919
22	Bedburg-Königshoven	12.9-11.5	6,51171	51,02919
23	Blot	12.9-11.5	3,483333	45,166668
24	Bois Ragot	12.9-11.5	0,683333	46,366669
25	Bois-du-Cantet	12.9-11.5	-0,25	43
26	Brimfield	12.9-11.5	-2,75	52,08
27	Brohltal	12.9-11.5	7,3333	50,4833
28	Brohltal	12.9-11.5	7,3333	50,4833
29	Brohltal	12.9-11.5	7,3333	50,4833
30	Brohltal	12.9-11.5	7,3333	50,4833
31	Brohltal	12.9-11.5	7,3333	50,4833
32	Brohltal	12.9-11.5	7,3333	50,4833
33	Budel IV	12.9-11.5	5,62486	51,25235
34	Capeau (Lavalduc)	12.9-11.5	4,86	43,5
35	Champveveyres	12.9-11.5	7,1	46,75
36	Chez Jugie	12.9-11.5	1,6	45,133331
37	Chez Jugie	12.9-11.5	1,6	45,133331
38	Closeau	12.9-11.5	2,15952	48,87623
39	Closeau	12.9-11.5	2,15952	48,87623
40	Closeau	12.9-11.5	2,15952	48,87623
41	Closeau	12.9-11.5	2,15952	48,87623
42	Colombier	12.9-11.5	4,4	44,416667

43	Colombier	12.9-11.5	4,4	44,416667
44	Colombier	12.9-11.5	4,08	44,41
45	Combarelles	12.9-11.5	1,042203	44,94356
46	Conty	12.9-11.5	2,15	49,73
47	Conty	12.9-11.5	2,15	49,73
48	Cornille	12.9-11.5	4,983333	43,516666
49	Cornille	12.9-11.5	4,983333	43,516666
50	Coufin	12.9-11.5	5,4	45,066666
51	Courbet	12.9-11.5	1,666667	44,05
52	Cuze de Neussargues	12.9-11.5	2,98333	45,16666
53	Dinslaken	12.9-11.5	6,73292	51,56512
54	Dinslaken	12.9-11.5	6,7333	51,5666
55	Dufaure	12.9-11.5	-1,38	43,498
56	Dumas (Saut du Loup)	12.9-11.5	4,533333	44,366669
57	Duruthy	12.9-11.5	-1,063	43,521
58	Duurswoude II	12.9-11.5	6,23669	53,05874
59	Duurswoude Oud Leger	12.9-11.5	6,23669	53,05874
60	Duurswoude Oud Leger	12.9-11.5	6,23669	53,05874
61	Een-Schipsloot pit I	12.9-11.5	6,4	53,0667
62	Een-Schipsloot pit I	12.9-11.5	6,4	53,0667
63	Eglises	12.9-11.5	1,7804	42,7634
64	Espelugues, Le Calvaire CPE Gauche	12.9-11.5	-0,05	43,1
65	Felsstalle	12.9-11.5	10,8	48,6
66	Ferrassie	12.9-11.5	0,9333	44,9667
67	Fontbregoua	12.9-11.5	6,03	43,52
68	Gare de Couze	12.9-11.5	0,73	44,83
69	Gazel	12.9-11.5	2,44055556	43,3216667
70	Geldrop I	12.9-11.5	5,52762	51,36669
71	Geldrop I	12.9-11.5	5,52762	51,36669
72	Gerbaix "dessus"	12.9-11.5	5,7	45,51
73	Gigot	12.9-11.5	6,683333	47,2667
74	Gigot	12.9-11.5	6,683333	47,2667
75	Gigot	12.9-11.5	6,683333	47,2667
76	Gonnersdorf	12.9-11.5	7,415278	50,447778
77	Goutte Roffat	12.9-11.5	4,73	46,21
78	Gramsbergen II	12.9-11.5	6,66763	52,60825
79	Grotte du Renne, Arcy-sur-Cure	12.9-11.5	3,76499	47,59112
80	Grotte du Renne, Arcy-sur-Cure	12.9-11.5	3,76499	47,59112
81	Grotte du Renne, Arcy-sur-Cure	12.9-11.5	3,76499	47,59112
82	Horn-Haelen	12.9-11.5	5,95	51,2333
83	Horn-Haelen	12.9-11.5	5,95	51,2333
84	Horn-Haelen	12.9-11.5	5,95	51,2333
85	Jean-Pierre I	12.9-11.5	5,83333	45,66667
86	Jean-Pierre I	12.9-11.5	5,83333	45,66667

87	Jean-Pierre I	12.9-11.5	5,83333	45,66667
88	Jean-Pierre II	12.9-11.5	5,83333	45,66667
89	Jean-Pierre II	12.9-11.5	5,83333	45,66667
90	Kastelhohle	12.9-11.5	7,58333	47,41667
91	Kesslerloch	12.9-11.5	8,69387	47,74516
92	Kniegrotte	12.9-11.5	11,55	50,6666667
93	La Colombiere	12.9-11.5	5,3667	46,0833
94	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
95	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
96	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
97	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
98	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
99	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
100	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
101	La Fru	12.9-11.5	5,7833	45,51
102	La Garenne Grand abri	12.9-11.5	1,496	46,605
103	La Garenne-Blanchard	12.9-11.5	1,496	46,605
104	La Garenne-Blanchard	12.9-11.5	1,496	46,605
105	Lavalduc,, Valduc	12.9-11.5	4,86	43,5
106	Le Brassot	12.9-11.5	3,29899	48,15089
107	Le Morin	12.9-11.5	0,08333	44,81667
108	Lemforde	12.9-11.5	8,3833	52,4667
109	Les Freydieres	12.9-11.5	5,43333333	44,9666667
110	Lespaux	12.9-11.5	-0,3	44,8167
111	Magdeleine	12.9-11.5	1,72852	44,0773
112	Margot	12.9-11.5	5,83451	46,80014
113	Mehlbeck, Friedhof	12.9-11.5	10,4	53,1833
114	Meiendorf	12.9-11.5	10,16667	53,6333
115	Meiendorf D	12.9-11.5	10,1666	53,6333
116	Messingham	12.9-11.5	-0,61	53,47
117	Michelberg	12.9-11.5	7,2877	50,313
118	Miesenheim 2	12.9-11.5	7,4252	50,3985
119	Miesenheim 2	12.9-11.5	7,4252	50,3985
120	Miesenheim 2	12.9-11.5	7,4252	50,3985
121	Miesenheim 2	12.9-11.5	7,4252	50,3985
122	Miesenheim 2	12.9-11.5	7,4252	50,3985
123	Miesenheim 2	12.9-11.5	7,4252	50,3985
124	Miesenheim 2	12.9-11.5	7,4252	50,3985
125	Milheeze Hutseberg, Milheeze la	12.9-11.5	5,82444	51,51639
126	Milheeze-Hogeloop	12.9-11.5	5,82444	51,51639
127	Moosbuhl	12.9-11.5	7,48198	47,0162
128	Mother Grundy's Parlour	12.9-11.5	-1,19778	53,22972
129	Mother Grundy's Parlour	12.9-11.5	-1,19778	53,22972
130	Mother Grundy's Parlour	12.9-11.5	-1,19778	53,22972

131	Moulin a Troubat	12.9-11.5	0,58333	42,98333
132	Moulin a Troubat	12.9-11.5	0,58333	42,98333
133	Moulin-du-Roc	12.9-11.5	0,9166	44,86666
134	Nahe LA 11	12.9-11.5	10,13743	53,79113
135	Nahe LA 11	12.9-11.5	10,13743	53,79113
136	Nahe LA 11	12.9-11.5	10,13743	53,79113
137	Nettetal	12.9-11.5	6,2833	51,3166
138	Nettetal	12.9-11.5	6,2833	51,3166
139	Nettetal	12.9-11.5	6,2833	51,3166
140	Oldeholtwolde	12.9-11.5	6,00808	52,91508
141	Oldeholtwolde	12.9-11.5	6,00808	52,91508
142	Ossom's Cave	12.9-11.5	-1,8667	53,0833
143	Oudehaske	12.9-11.5	5,88077	52,95669
144	Pech-Merle	12.9-11.5	1,65	44,5
145	Pegourie	12.9-11.5	1,633333	44,61667
146	Pegourie	12.9-11.5	1,633333	44,61667
147	Pegourie	12.9-11.5	1,633333	44,61667
148	Pincevent, La Grand-Paroisse	12.9-11.5	2,90656	48,38723
149	Pincevent, La Grand-Paroisse	12.9-11.5	2,90656	48,38723
150	Pincevent, La Grand-Paroisse	12.9-11.5	2,90656	48,38723
151	Pincevent, La Grand-Paroisse	12.9-11.5	2,90656	48,38723
152	Poyemau	12.9-11.5	-0,40629	43,02272
153	Pre de la Chapelle	12.9-11.5	4,8	46,26667
154	Querenstede	12.9-11.5	7,96667	53,15
155	Remouchamps	12.9-11.5	5,71225	50,47998
156	Rissen 14a	12.9-11.5	9,7666	53,58333
157	Robin Hood's Cave	12.9-11.5	-1,205789	53,260635
158	Robin Hood's Cave	12.9-11.5	-1,205789	53,260635
159	Robin Hood's Cave	12.9-11.5	-1,205789	53,260635
160	Roc-aux-Sorciers, Abri Bourdois	12.9-11.5	0,87917	46,0452
161	Roc-aux-Sorciers, Abri Bourdois	12.9-11.5	0,87917	46,70452
162	Roc-aux-Sorciers, Abri Bourdois	12.9-11.5	0,87917	46,70452
163	Rochedane	12.9-11.5	6,59	47,45
164	Rochedane	12.9-11.5	6,59	47,45
165	Rochedane	12.9-11.5	6,59	47,45
166	Roquemissou Abri n° 1 des Usclades	12.9-11.5	2,56667	44,33333
167	Sainte Eulalie	12.9-11.5	1,883333	44,583332
168	Saleux 114	12.9-11.5	2,25	49,8667
169	Salpetriere	12.9-11.5	4,56	43,94
170	Salpetriere	12.9-11.5	4,56	43,94
171	Sanglier	12.9-11.5	1,7167	44,6833
172	Sanglier	12.9-11.5	1,7167	44,6833
173	Seamer K	12.9-11.5	-0,4187	54,22605
174	Solutre, L-13	12.9-11.5	4,726	46,299

175	Soppensee	12.9-11.5	8,08	47,09
176	Soppensee	12.9-11.5	8,08	47,09
177	St. Bees	12.9-11.5	-3	54,62
178	St. Bees	12.9-11.5	-3	54,62
179	St. Bees	12.9-11.5	-3	54,62
180	Sun Hole (2)	12.9-11.5	-2,76359	51,28355
181	Sun Hole (2)	12.9-11.5	-2,76359	51,28355
182	Tai	12.9-11.5	4,5	45,05
183	Thur	12.9-11.5	7,28333	50,34999
184	Thur	12.9-11.5	7,28333	50,34999
185	Thur	12.9-11.5	7,28333	50,34999
186	Tilloy, Moque Panier	12.9-11.5	2,89622	48,34217
187	Trollesgave	12.9-11.5	11,8167	55,2833
188	Trollesgave	12.9-11.5	11,8167	55,2833
189	Trou du Frontal	12.9-11.5	4,9625	50,2125
190	Usselo	12.9-11.5	6,83281	52,2035
191	Usselo	12.9-11.5	6,83281	52,2035
192	Vailly-sur-Aisne	12.9-11.5	3,52	49,42
193	Venerolles (la Sabliere)	12.9-11.5	3,6333	49,9667
194	Verberie, Le Buisson Capin	12.9-11.5	2,73077	49,30627
195	Verberie, Le Buisson Capin	12.9-11.5	2,73077	49,30627
196	Weissensee	12.9-11.5	13,3539	46,7064
197	Wustemark 22	12.9-11.5	12,94279	52,54576
198	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
199	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
200	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
201	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
202	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
203	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
204	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
205	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
206	Zigeunerfels	12.9-11.5	13,0833	50,5167
207	Abri du Mannlefelsen	13.9-12.9	7,2333	47,45
208	Abri Gay	13.9-12.9	5,4	46,0833
209	Abri Martin	13.9-12.9	6,95	43,8
210	Abri nord de Bavans	13.9-12.9	6,7333	47,4833
211	Abri Pataud	13.9-12.9	1,01213	44,93733
212	Adaouste	13.9-12.9	5,633	43,6333
213	Adaouste	13.9-12.9	5,633	43,6333
214	Adaouste	13.9-12.9	5,633	43,6333
215	Adaouste	13.9-12.9	5,633	43,6333
216	Andernach-Martinsberg	13.9-12.9	7,4005	50,43337
217	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332
218	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332

219	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332
220	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332
221	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332
222	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332
223	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332
224	Andernach-Martinsberg 2	13.9-12.9	7,39984	50,4332
225	Bange	13.9-12.9	5,8	45,7
226	Baume de Gigny	13.9-12.9	4,3	47,8167
227	Baume de Vallorgues	13.9-12.9	4,43333	44,05
228	Baume de Vallorgues	13.9-12.9	4,43333	44,05
229	Baume de Vallorgues	13.9-12.9	4,43333	44,05
230	Baume Goulon	13.9-12.9	6,2333	43,5499
231	Bettenroder Berg IX	13.9-12.9	10,0167	51,4667
232	Birseck-Ermitage	13.9-12.9	7,616667	47,483334
233	Birseck-Ermitage	13.9-12.9	7,616667	47,483334
234	Bourrouilla, Grotte d'Arancou	13.9-12.9	-1,0528	43,43889
235	Breitenbach B	13.9-12.9	11,81	50,78
236	Brohltal	13.9-12.9	7,3333	50,4833
237	Brohltal	13.9-12.9	7,3333	50,4833
238	Brohltal	13.9-12.9	7,3333	50,4833
239	Brohltal	13.9-12.9	7,3333	50,4833
240	Brohltal	13.9-12.9	7,3333	50,4833
241	Bruniquel, Bruniquet	13.9-12.9	1,66438	44,05515
242	Budel II-2	13.9-12.9	5,61008	51,23707
243	Buttenloch	13.9-12.9	7,55	47,4833
244	Buttenloch	13.9-12.9	7,55	47,4833
245	Cabones	13.9-12.9	5,7	47,15
246	Cabones	13.9-12.9	5,7	47,15
247	Canecaude	13.9-12.9	2,5159	43,3398
248	Chabot	13.9-12.9	0,216667	48,133331
249	Champreveyres	13.9-12.9	7,1	46,75
250	Chauveau	13.9-12.9	4,8666	50,34999
251	Chez Jugie	13.9-12.9	1,6	45,133331
252	Chinchon I	13.9-12.9	4,15293	44,01151
253	Coleoptere	13.9-12.9	5,53909	50,37199
254	Colle Rousse	13.9-12.9	6,7	43,53333
255	Colombier	13.9-12.9	4,4	44,416667
256	Conduché	13.9-12.9	1,6333	44,4833
257	Conty	13.9-12.9	2,15	49,73
258	Conty	13.9-12.9	2,1525	49,741389
259	Coufin	13.9-12.9	5,4	45,066666
260	Courbet	13.9-12.9	1,666667	44,05
261	Deux-Avens	13.9-12.9	4,08	44,51
262	Deux-Avens	13.9-12.9	4,08	44,51

263	Douattes	13.9-12.9	5,95	46,0166
264	Doue	13.9-12.9	1,42	45,1
265	Dufaure	13.9-12.9	-1,38	43,498
266	Dufaure	13.9-12.9	-1,38	43,498
267	Dufaure	13.9-12.9	-1,38	43,498
268	Dufaure	13.9-12.9	-1,38	43,498
269	Dumas (Saut du Loup)	13.9-12.9	4,533333	44,366669
270	Dumas (Saut du Loup)	13.9-12.9	4,533333	44,366669
271	Duruthy	13.9-12.9	-1,063	43,521
272	Espelugues, Le Calvaire CPE Gauche	13.9-12.9	-0,05	43,1
273	Etiolles, Les Coudrays	13.9-12.9	2,45981	48,63819
274	Etiolles, Les Coudrays	13.9-12.9	2,45981	48,63819
275	Etiolles, Les Coudrays	13.9-12.9	2,45981	48,63819
276	Etrembieres	13.9-12.9	6,2167	46,15
	Fanciulli, Grotte des Enfants, Baousse			
277	Rousse	13.9-12.9	8,5	44,2833
278	Fantas	13.9-12.9	1,5	43,07
279	Faurelie	13.9-12.9	0,91667	45,09
280	Faustin	13.9-12.9	0,1666667	44,7333
281	Felsstalle	13.9-12.9	10,8	48,6
282	Felsstalle	13.9-12.9	10,8	48,6
283	Felsstalle	13.9-12.9	10,8	48,6
284	Gare de Conduche	13.9-12.9	1,6333	44,4833
285	Gare de Couze	13.9-12.9	0,73	44,83
286	Gare de Couze	13.9-12.9	0,73	44,83
287	Gay	13.9-12.9	5,4	46,06
288	Gonnersdorf	13.9-12.9	7,415278	50,447778
289	Gonnersdorf	13.9-12.9	7,415278	50,447778
290	Gonnersdorf	13.9-12.9	7,415278	50,447778
291	Gough's New Cave	13.9-12.9	-2,76579	51,28186
292	Gough's New Cave	13.9-12.9	-2,76579	51,28186
293	Gough's New Cave	13.9-12.9	-2,76579	51,28186
294	Gough's New Cave	13.9-12.9	-2,76579	51,28186
295	Gough's New Cave	13.9-12.9	-2,76579	51,28186
296	Goutte Roffat	13.9-12.9	4,73	46,21
297	Goutte Roffat	13.9-12.9	4,73	46,21
298	Goutte Roffat	13.9-12.9	4,73	46,21
299	Goutte Roffat	13.9-12.9	4,73	46,21
300	Goyet	13.9-12.9	5,01333	50,445556
301	Grand Canton	13.9-12.9	3,051944	48,366667
302	Grand Canton	13.9-12.9	3,051944	48,366667
303	Grand Canton	13.9-12.9	3,051944	48,366667
304	Graves	13.9-12.9	1,3	44,7167
305	Grotte du Cheval	13.9-12.9	1,15	49,35

306	High Furlong	13.9-12.9	-1,85	51,7
307	High Furlong	13.9-12.9	-1,85	51,7
308	Jean Pierre II	13.9-12.9	5,83333	45,66667
309	Jean Pierre II	13.9-12.9	5,83333	45,66667
310	Jean-Pierre I	13.9-12.9	5,83333	45,66667
311	Jean-Pierre I	13.9-12.9	5,83333	45,66667
312	Jean-Pierre II	13.9-12.9	5,83333	45,66667
313	Kastelhohle	13.9-12.9	7,58333	47,41667
314	Kastelhohle	13.9-12.9	7,58333	47,41667
315	Kastelhohle	13.9-12.9	7,58333	47,41667
316	Kastelhohle	13.9-12.9	7,58333	47,41667
317	Kent's Cavern, Black Band	13.9-12.9	-3,53	50,47
318	Klappholz LA 63	13.9-12.9	9,53958	54,65116
319	Klein-Nordende CR	13.9-12.9	9,65	53,71666
320	Klein-Nordende CR	13.9-12.9	9,65	53,71666
321	Kohlerhöhle	13.9-12.9	7,533333	47,416668
322	La Caune	13.9-12.9	2,0833	42,8499
323	La Fru	13.9-12.9	5,7833	45,51
324	La Fru	13.9-12.9	5,7833	45,51
325	La Fru	13.9-12.9	5,7833	45,51
326	La Fru	13.9-12.9	5,7833	45,51
327	La Fru	13.9-12.9	5,7833	45,51
328	La Fru	13.9-12.9	5,7833	45,51
329	La Garenne Grand Abri	13.9-12.9	1,496	46,605
330	La Goutte Roffat	13.9-12.9	3,316667	45,98333
331	La Quina	13.9-12.9	0,303	45,504
332	Le Chaumoisi Boivin	13.9-12.9	5,66667	46,75
333	Le Marais Graviere III	13.9-12.9	2,066667	49,98333
334	Le Martinet	13.9-12.9	1,01667	44,6
335	L'Elephant	13.9-12.9	0,58333	43,06667
336	L'Elephant	13.9-12.9	0,58333	43,06667
337	Limeuil-Village	13.9-12.9	0,86667	44,8333
338	Longetraye	13.9-12.9	4,1	44,88333
339	Lortet	13.9-12.9	0,321	43,078
340	Malarode	13.9-12.9	-0,39123	42,97789
341	Mas-d'Azil	13.9-12.9	1,2531	42,9191
342	Meiendorf D	13.9-12.9	10,1666	53,6333
343	Meiendorf D	13.9-12.9	10,1666	53,6333
344	Meiendorf D	13.9-12.9	10,1666	53,6333
345	Meiendorf D	13.9-12.9	10,1666	53,6333
346	Meiendorf D	13.9-12.9	10,1666	53,6333
347	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
348	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
349	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985

350	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
351	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
352	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
353	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
354	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
355	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
356	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
357	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
358	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
359	Miesenheim 2	13.9-12.9	7,4252	50,3985
360	Milheeze-Hogeloop	13.9-12.9	5,82444	51,51639
361	Mollendruz-abri Freymond	13.9-12.9	6,40933	46,6466
362	Mollendruz-abri Freymond	13.9-12.9	6,40933	46,6466
363	Montgaudier	13.9-12.9	0,5	45,6667
364	Montgaudier Abri Gaudry	13.9-12.9	0,5	45,6667
365	Montgaudier Abri Gaudry	13.9-12.9	0,5	45,6667
366	Moosbuhl	13.9-12.9	7,48198	47,0162
367	Moosbuhl	13.9-12.9	7,48198	47,0162
368	Munzingen	13.9-12.9	7,70083	47,9707
369	Norre Lyngby, Nr. Lyngby	13.9-12.9	9,75	57,4167
370	Oldeholtwolde	13.9-12.9	6,00808	52,91508
371	Oldeholtwolde	13.9-12.9	6,00808	52,91508
372	Ossom's Cave	13.9-12.9	-1,8667	53,0833
373	Oudehaske	13.9-12.9	5,88077	52,95669
374	Pegourie	13.9-12.9	1,633333	44,61667
375	Pegourie	13.9-12.9	1,633333	44,61667
376	Pegourie	13.9-12.9	1,633333	44,61667
377	Pegourie	13.9-12.9	1,633333	44,61667
378	Pegourie	13.9-12.9	1,633333	44,61667
379	Pegourie	13.9-12.9	1,633333	44,61667
380	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
381	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
382	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
383	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
384	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
385	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
386	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
387	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
388	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
389	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
390	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
391	Petersfels	13.9-12.9	8,966667	48,05
392	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
393	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723

394	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
395	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
396	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
397	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
398	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
399	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
400	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
401	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
402	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
403	Pincevent, La Grand-Paroisse	13.9-12.9	2,90656	48,38723
404	Poggenwisch	13.9-12.9	10,2105	53,65185
405	Poggenwisch D	13.9-12.9	10,2105	53,65185
406	Pont d'Ambon	13.9-12.9	0,6	45,3167
407	Pont d'Ambon	13.9-12.9	0,6	45,316666
408	Pont de Longues	13.9-12.9	3,2	45,6833
409	Pont de Longues	13.9-12.9	3,2	45,6833
410	Poyemau or Poeymaü	13.9-12.9	-0,433333	43,116669
411	Poyemau or Poeymaü	13.9-12.9	-0,433333	43,116669
412	Pre de la Chapelle	13.9-12.9	4,8	46,26667
413	Pre de la Chapelle	13.9-12.9	4,8	46,26667
414	Preletang	13.9-12.9	5,4296	45,0857
415	Presles	13.9-12.9	4,58305556	50,3830556
416	Quincay [Grande Roche de la Plematrie]	13.9-12.9	0,23585	46,60742
417	Rheinfelden Eremitage	13.9-12.9	7,8	47,56667
418	Rheinfelden Eremitage	13.9-12.9	7,8	47,56667
419	Rhodes II	13.9-12.9	1,59277	42,86443
420	Rhodes II	13.9-12.9	1,59277	42,86443
421	Rhodes II	13.9-12.9	1,59277	42,86443
422	Rhodes II	13.9-12.9	1,59277	42,86443
423	Rislißberghöhle	13.9-12.9	7,7333	47,2833
424	Rissen 14a	13.9-12.9	9,7666	53,58333
425	Roc de Marcamp	13.9-12.9	-0,50201	45,03217
426	Roc-aux-Sorciers, Abri Bourdois	13.9-12.9	0,87917	46,70452
427	Rocher de la Caille (Saut-du-Perron)	13.9-12.9	4,0286	45,9822
428	Romains	13.9-12.9	5,95	45,75
429	Romains	13.9-12.9	5,95	45,75
430	Romains	13.9-12.9	5,95	45,75
431	Rond du Barry	13.9-12.9	3,85736	45,06228
432	Roquemissou Abri n°2 des Usclades	13.9-12.9	2,56667	44,33333
433	Roquemissou Abri n°2 des Usclades	13.9-12.9	2,56667	44,33333
434	Rosmos	13.9-12.9	10,78	56,3
435	Seamer K	13.9-12.9	-0,4187	54,22605
436	Soppensee	13.9-12.9	8,08	47,09
437	St. Bees	13.9-12.9	-3	54,62

438	Stellmoor D	13.9-12.9	9,36667	53,15
439	Stellmoor D	13.9-12.9	9,36667	53,15
440	Stellmoor D	13.9-12.9	9,36667	53,15
441	Taï	13.9-12.9	4,5	45,05
442	Taï	13.9-12.9	4,5	45,05
443	Taï	13.9-12.9	4,5	45,05
444	Trou Jadot	13.9-12.9	5,591683	50,480632
445	Tureau des Gardes	13.9-12.9	3,05194	48,36667
446	Vache	13.9-12.9	1,583333	42,816666
447	Verberie, Le Buisson Capin	13.9-12.9	2,73077	48,30627
448	Weissensee	13.9-12.9	13,3539	46,7064
449	Westerkappeln ,Fundstelle C	13.9-12.9	7,8833	52,31666
450	Zigeunerfels	13.9-12.9	13,0833	50,5167
451	Zigeunerfels	13.9-12.9	13,0833	50,5167
452	Zigeunerfels	13.9-12.9	13,0833	50,5167
453	Zigeunerfels	13.9-12.9	13,0833	50,5167
454	Zigeunerfels	13.9-12.9	13,0833	50,5167
455	Zigeunerfels	13.9-12.9	13,0833	50,5167
456	Zigeunerfels	13.9-12.9	13,0833	50,5167
457	Andernach-Martinsberg 2	14.1-13.9	7,39984	50,4332
458	Belvis	14.1-13.9	2,2274	43,1385
459	Buttenloch	14.1-13.9	7,55	47,4833
460	Cabones	14.1-13.9	5,7	47,15
461	Champveyres	14.1-13.9	7,1	46,75
462	Chenelaz	14.1-13.9	5,5333	45,885
463	Coleoptere	14.1-13.9	5,53909	50,37199
464	Conty	14.1-13.9	2,15	49,73
465	Dufaure	14.1-13.9	-1,38	43,498
466	Etiolles, Les Coudrays	14.1-13.9	2,45981	48,63819
467	Etiolles, Les Coudrays	14.1-13.9	2,45981	48,63819
468	Felsstalle	14.1-13.9	10,8	48,6
469	Felsstalle	14.1-13.9	10,8	48,6
470	Fontanet	14.1-13.9	1,62406	42,82279
471	Gonnardsdorf	14.1-13.9	7,415278	50,447778
472	hohlenstein-Stadel	14.1-13.9	4,551	10,168
473	La Fru	14.1-13.9	5,7833	45,51
474	La Madeleine	14.1-13.9	1,02465	44,96688
475	Laugerie-Basse (Les Marseilles)	14.1-13.9	0,99825	44,94982
476	Meiendorf D	14.1-13.9	10,1666	53,6333
477	Munzingen	14.1-13.9	7,70083	47,9707
478	Petersfels	14.1-13.9	8,966667	48,05
479	Petersfels	14.1-13.9	8,966667	48,05
480	Petersfels	14.1-13.9	8,966667	48,05
481	Petersfels	14.1-13.9	8,966667	48,05

482	Pincevent, La Grand-Paroisse	14.1-13.9	2,90656	48,38723
483	Pont de Longues	14.1-13.9	3,2	45,6833
484	Querenstede	14.1-13.9	7,96667	53,15
485	Rheinfelden Eremitage	14.1-13.9	7,8	47,56667
486	Solutre, P16	14.1-13.9	4,726	46,299
487	St. Bees	14.1-13.9	-3	54,62
488	Stellmoor D	14.1-13.9	9,36667	53,15
489	Sun Hole (2)	14.1-13.9	-2,76359	51,28355
490	Teufelsbrücke	14.1-13.9	7,75	47,91667
491	Teufelsbrücke	14.1-13.9	7,75	47,91667
492	Tournal (or Grande Grotte de Bize)	14.1-13.9	2,8833	43,3167
493	Trou de Chaleux	14.1-13.9	4,941667	50,221667
494	Trou des Blaireaux	14.1-13.9	4,7377778	50,1205556
495	Trou Jadot	14.1-13.9	5,591683	50,480632
496	Tureau des Gardes	14.1-13.9	3,05194	48,36667
497	Usselo	14.1-13.9	6,83281	52,2035
498	Verberie, Le Buisson Capin	14.1-13.9	2,73077	48,30627
499	Zigeunerfels	14.1-13.9	13,0833	50,5167
500	Abri Taillefer	14.67-14.1	6,2333	46,18333
501	Adaouste	14.67-14.1	5,633	43,6333
502	Adaouste	14.67-14.1	5,633	43,6333
503	Andernach-Martinsberg	14.67-14.1	7,40005	50,43337
504	Andernach-Martinsberg	14.67-14.1	7,4005	50,43337
505	Baume d'Oullins	14.67-14.1	4,468	44,345
506	Bois du Cantet	14.67-14.1	0,133333	43,05
507	Bois Laiterie	14.67-14.1	4,85	50,35
508	Bois Laiterie	14.67-14.1	4,85	50,35
509	Bourrouilla	14.67-14.1	-1,0528	43,43333
510	Bourrouilla	14.67-14.1	-1,0528	43,43333
511	Bourrouilla, Grotte d'Arancou	14.67-14.1	-1,0528	43,43889
512	Calvaire	14.67-14.1	4,73	45,05
513	Campalou	14.67-14.1	4,5	45,05
514	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
515	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
516	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
517	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
518	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
519	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
520	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
521	Champveyres	14.67-14.1	7,1	46,75
522	Comarque	14.67-14.1	1,01667	44,933
523	Crest	14.67-14.1	5,0333	44,7333
524	Douattes	14.67-14.1	5,95	46,0166
525	Durif à Enval	14.67-14.1	3,25	45,63333

526	Eglises	14.67-14.1	1,7804	42,7634
527	Etiolles, Les Coudrays	14.67-14.1	2,45981	48,63819
528	Etiolles, Les Coudrays	14.67-14.1	2,45981	48,63819
529	Etiolles, Les Coudrays	14.67-14.1	2,45981	48,63819
530	Etiolles, Les Coudrays	14.67-14.1	2,45981	48,63819
531	Felsstalle	14.67-14.1	10,8	48,6
532	Flageolet	14.67-14.1	1,0833	44,85
533	Fontanet	14.67-14.1	1,62406	42,82279
534	Gare de Couze	14.67-14.1	0,73	44,83
535	Gonnersdorf	14.67-14.1	7,415278	50,447778
536	Gonnersdorf	14.67-14.1	7,415278	50,447778
537	Goutte Roffat	14.67-14.1	4,73	46,21
538	Hohle Fels, Hohler Fels	14.67-14.1	9,75547	48,37228
539	Jean-Pierre II	14.67-14.1	5,83333	45,66667
540	Kesslerloch	14.67-14.1	8,69387	47,74516
541	Kohlerhöhle	14.67-14.1	7,533333	47,416668
542	La Madeleine	14.67-14.1	1,02465	44,96688
543	Labastide, La Grande Grotte	14.67-14.1	0,258	43,048
544	Moulin de Laguenay, Poissière	14.67-14.1	1,46831	45,0918
545	Oisy	14.67-14.1	3,45	47,4667
546	Pellebit	14.67-14.1	5,65563	44,58678
547	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
548	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
549	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
550	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
551	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
552	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
553	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
554	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
555	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
556	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
557	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
558	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
559	Petersfels	14.67-14.1	8,966667	48,05
560	Pincevent, La Grand-Paroisse	14.67-14.1	2,90656	48,38723
561	Poggenwisch D	14.67-14.1	10,2105	53,65185
562	Poggenwisch D	14.67-14.1	10,2105	53,65185
563	Poggenwisch D	14.67-14.1	10,2105	53,65185
564	Poggenwisch D	14.67-14.1	10,2105	53,65185
565	Pont d'Ambon	14.67-14.1	0,6	45,316666
566	Portel	14.67-14.1	1,4034	42,9808
567	Quéroy	14.67-14.1	-0,37	45,81
568	Quéroy	14.67-14.1	-0,37	45,81
569	Roberthill	14.67-14.1	-3,5	55,17

570	Rochedane	14.67-14.1	6,76666	47,34999
571	Rond du Barry	14.67-14.1	3,85736	45,06228
572	Saaleck	14.67-14.1	11,7	51,1167
573	Stellmoor D	14.67-14.1	9,36667	53,15
574	Sun Hole (2)	14.67-14.1	-2,76359	51,28355
575	Sun Hole (2)	14.67-14.1	-2,76359	51,28355
576	Sun Hole (2)	14.67-14.1	-2,76359	51,28355
577	Sun Hole (2)	14.67-14.1	-2,76359	51,28355
578	Sun Hole (2)	14.67-14.1	-2,76359	51,28355
579	Teufelsbrücke	14.67-14.1	7,75	47,91667
580	Tournal (or Grande Grotte de Bize)	14.67-14.1	2,8833	43,3167
581	Trou Da Somme	14.67-14.1	4,883333	50,233333
582	Trou de Chaleux	14.67-14.1	4,941667	50,221667
583	Vache	14.67-14.1	1,583333	42,816666
584	Vache, Salle Monique	14.67-14.1	1,52	42,79
585	Verberie, Le Buisson Capin	14.67-14.1	2,73077	48,30627
586	Abri Ragout, Bois Ragout	16.5-14.67	0,41666667	45,6833
587	Andernach Martinsberg 1	16.5-14.67	7,40005	50,43337
588	Andernach Martinsberg 1	16.5-14.67	7,40005	50,43337
589	Andernach Martinsberg 1	16.5-14.67	7,40005	50,43337
590	Andernach Martinsberg 1	16.5-14.67	7,40005	50,43337
591	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,40005	50,43337
592	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,40005	50,43337
593	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,40005	50,43337
594	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,4005	50,43337
595	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,4005	50,43337
596	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,40005	50,43337
597	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,40005	50,43337
598	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,40005	50,43337
599	Andernach-Martinsberg	16.5-14.67	7,4005	50,43337
600	Baerenkeller	16.5-14.67	11,1	50,65
601	Baume de Gigny	16.5-14.67	4,3	47,8167
602	Baume du Lion	16.5-14.67	3,73333	43,91666
603	Belvis	16.5-14.67	2,2274	43,1385
604	Blanzat	16.5-14.67	3,0833	45,8333
605	Blot	16.5-14.67	3,483333	45,166668
606	Bockstein-Torle	16.5-14.67	10,146	48,554
607	Bois du Cantet	16.5-14.67	-0,25	43
608	Bois-des-Brousses	16.5-14.67	3,5833	43,6833
609	Bourrouilla	16.5-14.67	-1,0528	43,43333
610	Bourrouilla	16.5-14.67	-1,0528	43,43333
611	Calvaire	16.5-14.67	4,73	45,05
612	Campalou	16.5-14.67	4,5	45,05
613	Champreyres	16.5-14.67	7,1	46,75

614	Champveyres	16.5-14.67	7,1	46,75
615	Champveyres	16.5-14.67	7,1	46,75
616	Comarque	16.5-14.67	1,01667	44,933
617	Combarelles	16.5-14.67	1,042203	44,94356
618	Conques	16.5-14.67	2,6743	42,8868
619	Dufaure	16.5-14.67	-1,38	43,498
620	Durif	16.5-14.67	3,25	45,63333
621	Durif	16.5-14.67	3,25	45,63333
622	Durif à Enval	16.5-14.67	3,25	45,63333
623	Duruthy	16.5-14.67	-1,063	43,521
624	Ebbou, Ebbe, Chateau d'Ebbo	16.5-14.67	4,08	44,51
625	Enlene	16.5-14.67	1,199	42,978
626	Enlene	16.5-14.67	1,199	42,978
627	Espalungue	16.5-14.67	-0,05	43,1
628	Espelugues	16.5-14.67	-0,04668	42,98955
629	Etiolles, Les Coudrays	16.5-14.67	2,45981	48,63819
630	Flageolet II	16.5-14.67	1,0833	44,85
631	Fongaban	16.5-14.67	-0,05414	44,9329
632	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
633	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
634	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
635	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
636	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
637	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
638	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
639	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
640	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
641	Gonnersdorf	16.5-14.67	7,415278	50,447778
642	Goutte Roffat	16.5-14.67	4,73	46,21
643	Grand Canton	16.5-14.67	3,051944	48,366667
644	Grande Galerie 2	16.5-14.67	-0,692	43,63806
645	Grappin	16.5-14.67	5,516667	46,76667
646	Grotte de Laroque II, Roque	16.5-14.67	3,7333	43,9167
647	Hohle Fels, Hohler Fels	16.5-14.67	9,75547	48,37228
648	Hohlenstein, Kleine Scheuer	16.5-14.67	10,168	48,551
649	Hohlenstein-Stadel	16.5-14.67	9,8667	49,1167
650	Hohlenstein-Stadel	16.5-14.67	9,8667	49,1167
651	Igue du Gral	16.5-14.67	1,72361	44,51711
652	Jaurias	16.5-14.67	-0,28873	44,82609
653	Jaurias	16.5-14.67	-0,28873	44,82609
654	Jean Pierre II	16.5-14.67	5,83333	45,66667
655	Jean Pierre II	16.5-14.67	5,83333	45,66667
656	Jean Pierre II	16.5-14.67	5,83333	45,66667
657	Kesslerloch	16.5-14.67	8,69387	47,74516

658	Kesslerloch	16.5-14.67	8,69387	47,74516
659	Kesslerloch	16.5-14.67	8,69387	47,74516
660	Kesslerloch	16.5-14.67	8,69387	47,74516
661	Kesslerloch	16.5-14.67	8,69387	47,74516
662	Kesslerloch	16.5-14.67	8,69387	47,74516
663	Kesslerloch	16.5-14.67	8,69387	47,74516
664	Kniegrotte	16.5-14.67	11,55	50,6666667
665	La Colombiere	16.5-14.67	5,3667	46,0833
666	La Colombiere	16.5-14.67	5,3667	46,0833
667	La Colombière	16.5-14.67	5,3667	46,0833
668	La Garenne Grand Abri	16.5-14.67	1,496	46,605
669	La Madeleine	16.5-14.67	1,02465	44,96688
670	La Madeleine	16.5-14.67	1,02465	44,96688
671	Labastide, La Grande Grotte	16.5-14.67	0,258	43,048
672	Lascaux	16.5-14.67	1,07044	45,00208
673	Laugerie-Haute Est	16.5-14.67	1,0041	44,95355
674	Malarode	16.5-14.67	-0,39123	42,97789
675	Mas-d'Azil	16.5-14.67	1,2531	42,9191
676	Mas-d'Azil	16.5-14.67	1,2531	42,9191
677	Montgaudier Abri Paignon	16.5-14.67	0,5	45,6667
678	Monthaud	16.5-14.67	0,33	46,57
679	Moulin-du-Roc	16.5-14.67	0,9166	44,86666
680	Moulin-Neuf	16.5-14.67	0,2854	44,81731
681	Moulin-Neuf	16.5-14.67	0,2854	44,81731
682	Munzingen	16.5-14.67	7,70083	47,9707
683	Munzingen	16.5-14.67	7,70083	47,9707
684	Ofnet	16.5-14.67	10,5	48,85
685	Oisy	16.5-14.67	3,45	47,4667
686	Pegourie	16.5-14.67	1,633333	44,61667
687	Petersfels	16.5-14.67	8,966667	48,05
688	Petersfels	16.5-14.67	8,966667	48,05
689	Petersfels	16.5-14.67	8,966667	48,05
690	Petersfels	16.5-14.67	8,966667	48,05
691	Petersfels	16.5-14.67	8,966667	48,05
692	Peyrugues	16.5-14.67	1,67892	44,51988
693	Roc de Marcamps	16.5-14.67	-0,50201	45,032176
694	Romains	16.5-14.67	5,95	45,75
695	Romains	16.5-14.67	5,95	45,75
696	Saint-Mihiel	16.5-14.67	5,55	48,9
697	Salpetriere	16.5-14.67	4,56	43,94
698	Schnurenloch	16.5-14.67	7,442	46,675
699	Solutre, I-11	16.5-14.67	4,726	46,299
700	Solutre, I-11	16.5-14.67	4,726	46,299
701	Solutre, P16	16.5-14.67	4,726	46,299

702	Spitzbubenhöhle	16.5-14.67	10,1833	48,6167
703	Sy-Verlaine	16.5-14.67	5,51967	50,40681
704	Teufelsbrücke	16.5-14.67	7,75	47,91667
705	Tournal (or Grande Grotte de Bize)	16.5-14.67	2,8833	43,3167
706	Tournal (or Grande Grotte de Bize)	16.5-14.67	2,8833	43,3167
707	Trou Da Somme	16.5-14.67	4,883333	50,233333
708	Trou de Chaleux	16.5-14.67	4,941667	50,221667
709	Trou de Chaleux	16.5-14.67	4,941667	50,221667
710	Trou des Blaireaux	16.5-14.67	4,7377778	50,1205556
711	Trou des Blaireaux	16.5-14.67	4,7377778	50,1205556
712	Trou du Frontal	16.5-14.67	4,9625	50,2125
713	Trou du Frontal	16.5-14.67	4,9625	50,2125
714	Trou Walou	16.5-14.67	5,69391	50,59079
715	Trou Walou	16.5-14.67	5,69391	50,59079
716	Tuc d'Audoubert, Cheval Rouge	16.5-14.67	1,13	42,94838
717	Tuc d'Audoubert, Cheval Rouge	16.5-14.67	1,13	42,94838
718	Vache	16.5-14.67	1,583333	42,816666
719	Verberie, Le Buisson Capin	16.5-14.67	2,73077	48,30627
720	Vidon	16.5-14.67	-0,76	43,48
721	Monruz	16.5-14.67	6,9667	47
722	Kesslerloch	17.5-16.5	8,69387	47,74516
723	Abri Fritsch	17.5-16.5	1,063	46,6363
724	Auransan inf	17.5-16.5	0,19381	42,95131
725	Auzary-Thones	17.5-16.5	6,3333	45,8833
726	Baume Noire, abri sud	17.5-16.5	5,95	47,48333
727	Baume Noire, abri sud	17.5-16.5	5,95	47,48333
728	Canecaude II	17.5-16.5	2,5159	43,3398
729	Colombier	17.5-16.5	4,08	44,51
730	Colombier	17.5-16.5	4,08	44,41
731	Combe Cullier	17.5-16.5	1,5667	44,85
732	Combe Saunière	17.5-16.5	0,8836	45,2307
733	Conques	17.5-16.5	2,6743	42,8868
734	Coufin	17.5-16.5	5,4	45,066666
735	Croze-sur-Suran, Grotte du Bare	17.5-16.5	5,1	46
736	Croze-sur-Suran, Grotte du Bare	17.5-16.5	5,1	46
737	Dufaure	17.5-16.5	-1,38	43,498
738	Duruthy	17.5-16.5	-1,063	43,521
739	Duruthy	17.5-16.5	-1,063	43,521
740	Enlene	17.5-16.5	1,199	42,978
741	Enlene	17.5-16.5	1,199	42,978
742	Esclazure	17.5-16.5	2,0667	45,6167
743	Flageolet II	17.5-16.5	1,0833	44,85
744	Gonnersdorf	17.5-16.5	7,415278	50,447778
745	Gonnersdorf	17.5-16.5	7,415278	50,447778

746	Grappin	17.5-16.5	5,516667	46,76667
747	Grappin	17.5-16.5	5,516667	46,76667
748	Grappin	17.5-16.5	5,516667	46,76667
749	Grotte d'Aurensan, Diogène	17.5-16.5	-0,3	43
750	Igue du Gral	17.5-16.5	1,72361	44,51711
751	Igue du Gral	17.5-16.5	1,72361	44,51711
752	Jaurias	17.5-16.5	-0,28873	44,82609
753	Kastelhohle	17.5-16.5	7,58333	47,41667
754	Kent's Cavern	17.5-16.5	-3,53	50,47
755	La Colombiere	17.5-16.5	5,3667	46,0833
756	La Colombiere	17.5-16.5	5,3667	46,0833
757	La Garenne Grand Abri	17.5-16.5	1,496	46,605
758	La Garenne Grand abri	17.5-16.5	1,496	46,605
759	La Garenne-Blanchard	17.5-16.5	1,496	46,605
760	La Marche	17.5-16.5	0,7014	46,4089
761	La Marche, Réseau Guy Martin	17.5-16.5	0,716667	46,4097
762	Labastide, La Grande Grotte	17.5-16.5	0,258	43,048
763	Labastide, La Grande Grotte	17.5-16.5	0,258	43,048
764	Lascaux	17.5-16.5	1,07044	45,00208
765	Laugerie-Basse (Las Ma	17.5-16.5	0,99825	44,94982
766	Le Bay	17.5-16.5	3	45,6667
767	Le Cuzoul	17.5-16.5	1,5333	44,45
768	Le Martinet	17.5-16.5	1,01667	44,6
769	Les Cottés [St. Pierre de Maille]	17.5-16.5	0,83333	46,67333
770	Les Jamblancs	17.5-16.5	0,75	44,8
771	Les Jamblancs	17.5-16.5	0,85	44,8
772	Meiendorf D	17.5-16.5	10,1666	53,6333
773	Montgaudier Abri Gaudry	17.5-16.5	0,5	45,6667
774	Moulin-Neuf	17.5-16.5	0,2854	44,81731
775	Munzingen	17.5-16.5	7,70083	47,9707
776	Munzingen	17.5-16.5	7,70083	47,9707
777	Rigney	17.5-16.5	5,89	47,64
778	Roc de Marcamps	17.5-16.5	-0,50201	45,03217
779	Roc-aux-Sorciers, Abri Bourdois	17.5-16.5	0,87917	46,70452
780	Roc-aux-Sorciers, Abri Bourdois	17.5-16.5	0,87917	46,70452
781	Romains	17.5-16.5	5,95	45,75
782	Saint-Germain-la-Rivière	17.5-16.5	-0,33333	44,95
783	Salpetriere	17.5-16.5	4,56	43,94
784	Solutre, I-11	17.5-16.5	4,726	46,299
785	Spitzbubenhöhle	17.5-16.5	10,1833	48,6167
786	Tournal (or Grande Grotte de Bize)	17.5-16.5	2,8833	43,3167
787	Trou des Blaireaux	17.5-16.5	4,7377778	50,1205556
788	Trou des Blaireaux	17.5-16.5	4,7377778	50,1205556
789	Tuc d'Audoubert	17.5-16.5	1,13	42,94838

790	Tuc d'Audoubert, Cheval Rouge	17.5-16.5	1,13	42,94838
791	Wildscheuer	17.5-16.5	8,137	50,421
792	Abri de Gandil	19-17.5	1,66667	44,05
793	Abri Fritsch	19-17.5	1,063	46,6363
794	Abri Pataud	19-17.5	1,01213	44,93733
795	Abri Pataud	19-17.5	1,01213	44,93733
796	Auzary-Thones	19-17.5	6,3333	45,8833
797	Baume d'Oullins (a.k.a. d'Oulen''')	19-17.5	4,41666	44,34999
798	Baume du Lion	19-17.5	3,73333	43,91666
799	Baume du Lion	19-17.5	3,73333	43,91667
800	Bergerie	19-17.5	1,6333	44,61667
801	Bergerie	19-17.5	1,6333	44,61667
802	Bois des Brousses	19-17.5	3,5833	43,6833
803	Bois-des-Brousses	19-17.5	3,5833	43,6833
804	Chabasse	19-17.5	2,2833	44,3167
805	Château	19-17.5	4,23128	45,64413
806	Château	19-17.5	4,23128	45,64413
807	Ferrassie	19-17.5	0,9333	44,9667
808	Flageolet II	19-17.5	1,0833	44,85
809	Gandil	19-17.5	1,66667	44,05
810	Gandil	19-17.5	1,66667	44,05
811	Gazel	19-17.5	2,44055556	43,3252778
812	Grappin	19-17.5	5,516667	46,76667
813	Grappin	19-17.5	5,516667	46,76667
814	Grappin	19-17.5	5,516667	46,76667
815	Grotte de la Bergerie	19-17.5	1,633333	44,61667
816	Grotte du Renne, Arcy-sur-Cure	19-17.5	3,76499	47,59112
817	Hallines, Levert	19-17.5	2,20734	50,71166
818	Hohle Fels, Hohler Fels	19-17.5	9,75547	48,37228
819	La Chaire à Calvin	19-17.5	0,11667	45,55
820	La Garenne Grand Abri	19-17.5	1,496	46,605
821	Lascaux	19-17.5	1,07044	45,00208
822	Le Callan	19-17.5	0,966667	44,5
823	Le Chaffaud	19-17.5	0,3167	46,1667
824	Le Cuzoul	19-17.5	1,5333	44,45
825	Le Placard	19-17.5	0,41667	45,68333
826	Le Roc de Marcamps	19-17.5	0,49138889	45,0430556
827	Les Fadets	19-17.5	0,7166667	46,4
828	Les Jamblancs	19-17.5	0,75	44,8
829	Les Terriers	19-17.5	0,7166667	46,4
830	Lespaux	19-17.5	-0,3	44,8167
831	Maszycka	19-17.5	19,83898	50,18707
832	Monthaud	19-17.5	1,223	46,514
833	Munzingen	19-17.5	7,70083	47,9707

834	Munzingen	19-17.5	7,70083	47,9707
835	Munzingen	19-17.5	7,70083	47,9707
836	Munzingen	19-17.5	7,70083	47,9707
837	Munzingen	19-17.5	7,70083	47,9707
838	Oetrange, Plateau Haed	19-17.5	6,26666	49,59999
839	Oisy	19-17.5	3,45	47,4667
840	Pegourie	19-17.5	1,633333	44,61667
841	Pille-Bourse, Saint-Germain-la-Riviere	19-17.5	0,31667	44,95
842	Pille-Bourse, Saint-Germain-la-Rivière	19-17.5	-0,33333	44,95
843	Regensburg, Florian-Seidl-Strasse	19-17.5	12,119	48,9928
844	Regensburg, Florian-Seidl-Strasse	19-17.5	12,119	48,9928
845	Roc de Marcamps	19-17.5	-0,50201	45,032176
846	Roc de Marcamps	19-17.5	-0,50201	45,03217
847	Roc De Marcamps	19-17.5	-0,50201	45,03217
848	Rond du Barry	19-17.5	3,85736	45,06228
849	Sainte Eulalie	19-17.5	1,883333	44,583332
850	Sainte Eulalie	19-17.5	1,883333	44,583332
851	Solutre, i-11	19-17.5	4,726	46,299
852	Solutre, L-13	19-17.5	4,726	46,299
853	Spitzbubenhöhle	19-17.5	10,1833	48,6167
854	Trou des Blaireaux	19-17.5	4,7377778	50,1205556
855	Trou des Blaireaux	19-17.5	4,7377778	50,1205556
856	Vieux Mounoi	19-17.5	5,86	43,29
857	Vigne Brun	19-17.5	4,0286	45,9822
858	Rozel	19-17.5	-1,84263	49,47129
859	Hallines, Levert	19-17.5	2,20734	50,71166
860	Kakert	19-17.5	6,24167	49,6067
861	Abri Fritsch	20-19	1,063	46,6363
862	Abri Fritsch	20-19	1,063	46,6363
863	Abri Pataud	20-19	1,01213	44,93733
864	Abri Pataud	20-19	1,01213	44,93733
865	Bouzil	20-19	4,631	44,499
866	Casseroles	20-19	1,01	44,93556
867	Casseroles	20-19	1,01	44,93556
868	Gandil	20-19	1,66667	44,05
869	La Contree Viallet	20-19	3,2	46,1
870	Lascaux	20-19	1,07044	45,00208
871	Lassac	20-19	2,6266	43,3586
872	Laugerie-Haute Est	20-19	1,0041	44,95355
873	Le Cuzoul	20-19	1,5333	44,45
874	Le Cuzoul	20-19	1,5333	44,45
875	Le Cuzoul	20-19	1,5333	44,45
876	Le Roc de Marcamps	20-19	-0,50201	45,03217
877	Le Taillis-du-Coteau	20-19	0,861	46,52

878	Les Guinards	20-19	3,433333	46,166668
879	Les Jamblancs	20-19	0,75	44,8
880	Monthaud	20-19	0,33	46,57
881	Pegourie	20-19	1,633333	44,61667
882	Pegourie	20-19	1,633333	44,61667
883	Pegourie	20-19	1,633333	44,61667
884	Pegourie	20-19	1,633333	44,61667
885	Rond du Barry	20-19	3,85736	45,06228
886	Salpetriere	20-19	4,56	43,94
887	Salpetriere	20-19	4,56	43,94
888	Salpetriere	20-19	4,56	43,94
889	Solutre, I-11	20-19	4,726	46,299
890	Solutre, L-13	20-19	4,726	46,299

Erklärung

Hiermit versichere ich,

- dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, Mai 2020

C. Kodr