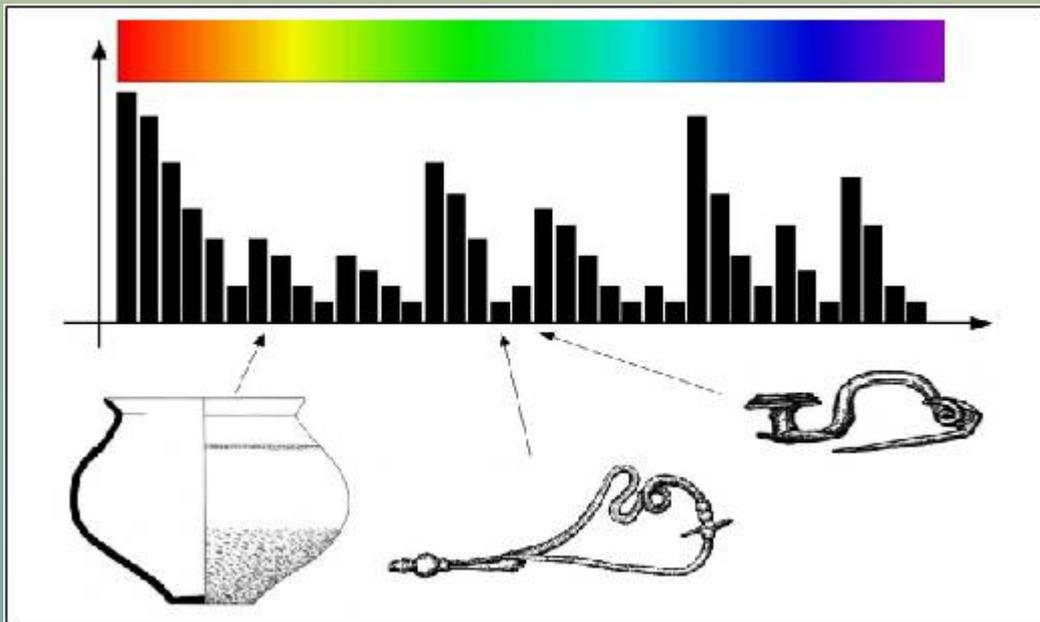


Die Rekonstruktion kultureller Räume mittels Clusteranalyse

Oliver Nakoinz



Einleitung

1. Fragestellung
2. Theorie

Methodische Grundlagen

3. Typenspektren
4. Clusteranalyse
5. Visualisierung
6. Validierung

Exkurs

7. Ergebnisse

Methodische Details

8. Klassifikation des Fundmaterial
9. Umgang mit unscharfen Datierungen

Fazit

10. unpopuläre Maximen

Literatur

Fürstensitze der älteren Eisenzeit

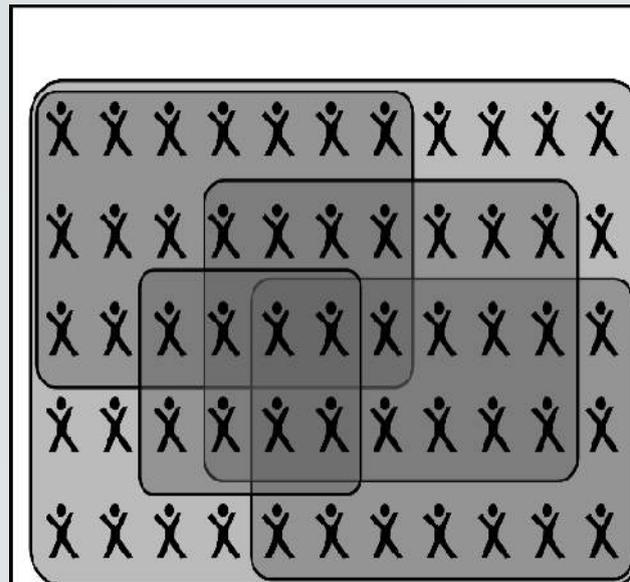
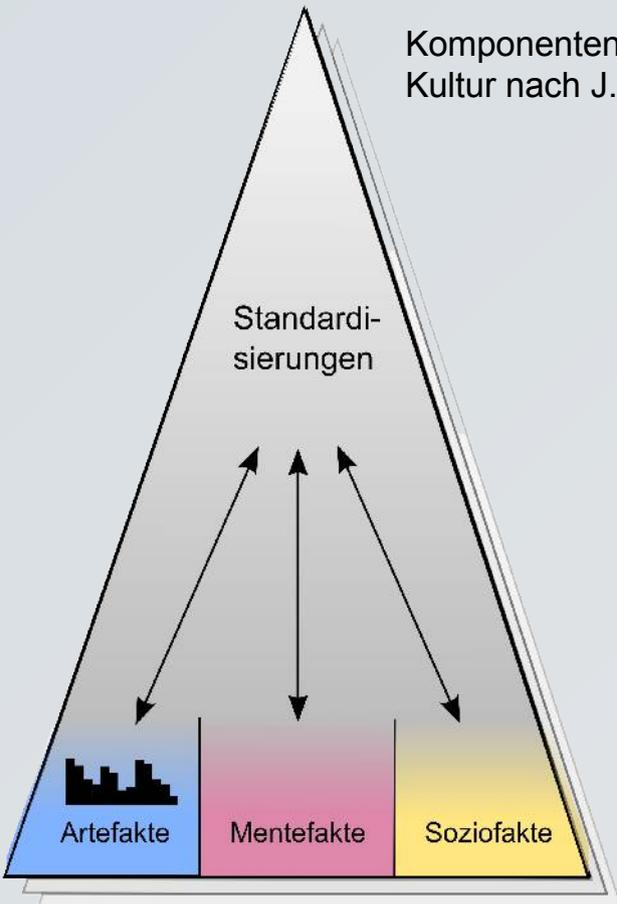


Definition von Kultur

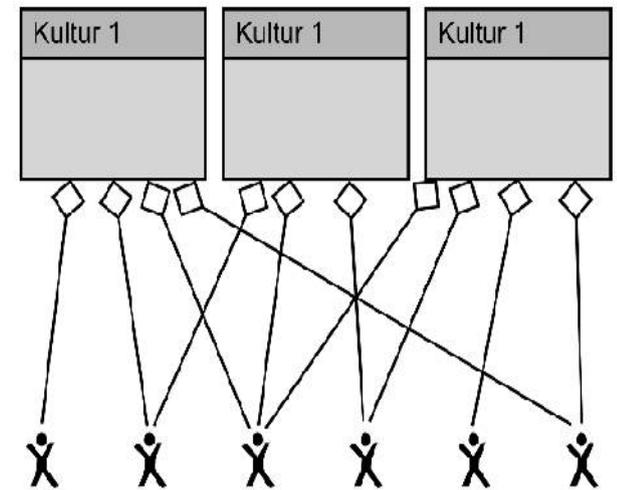
„Kultur umfasst **Standardisierungen**, die in **Kollektiven** gelten.“

K. P. Hansen 2003

Komponenten von Kultur nach J. Huxley



a



b

Mehrfachzugehörigkeit zu Kulturen

“Mengenlehre” der Kulturen: Sicht auf Standardisierungen

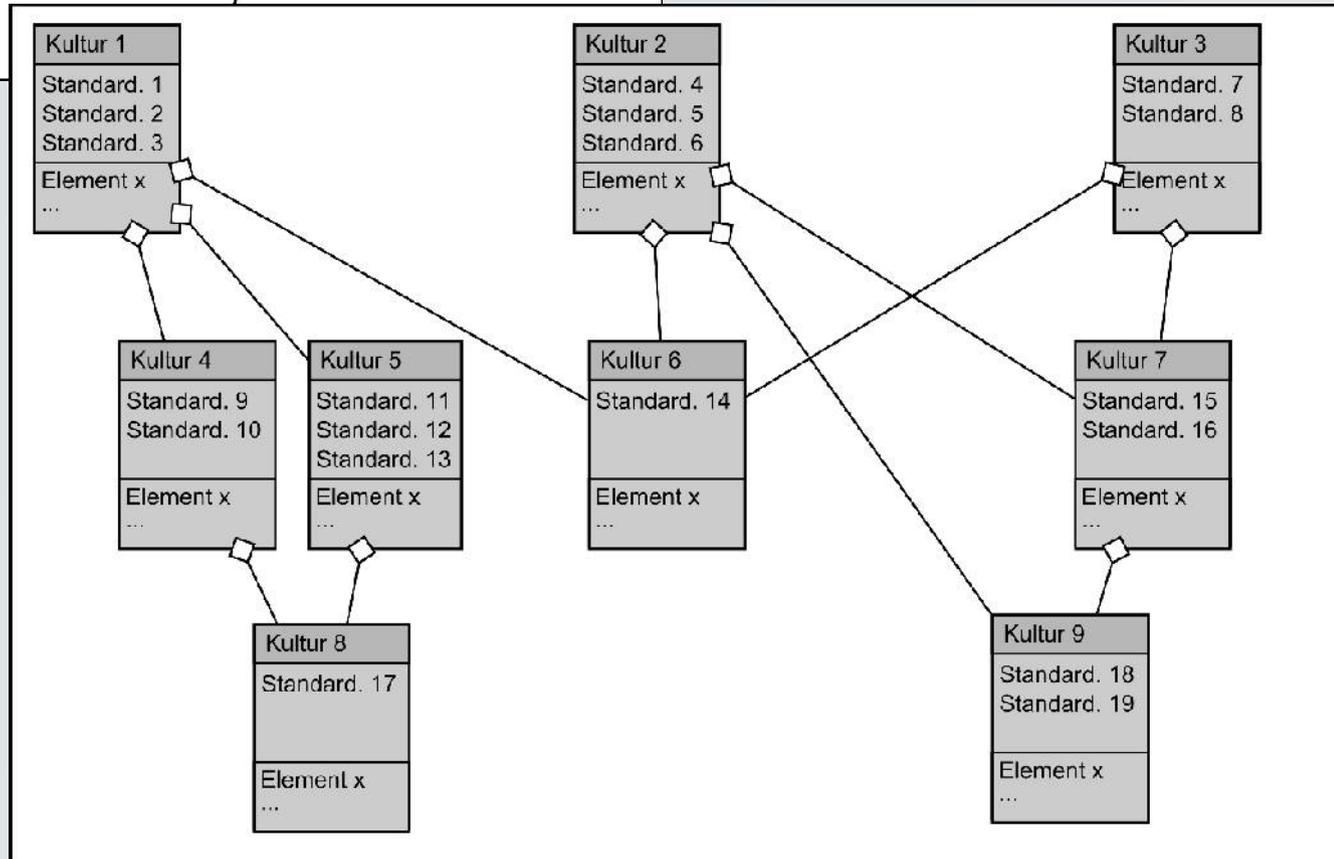
Kultur 1
Standardisierung 1
Standardisierung 2
Standardisierung 3
...
Element 1
Element 2
Element 3
...

Bezeichnung

Kulturinhalt:
Standardisierungen definieren Kultur

Kulturelemente (Individuen):
Kollektive tragen Kultur

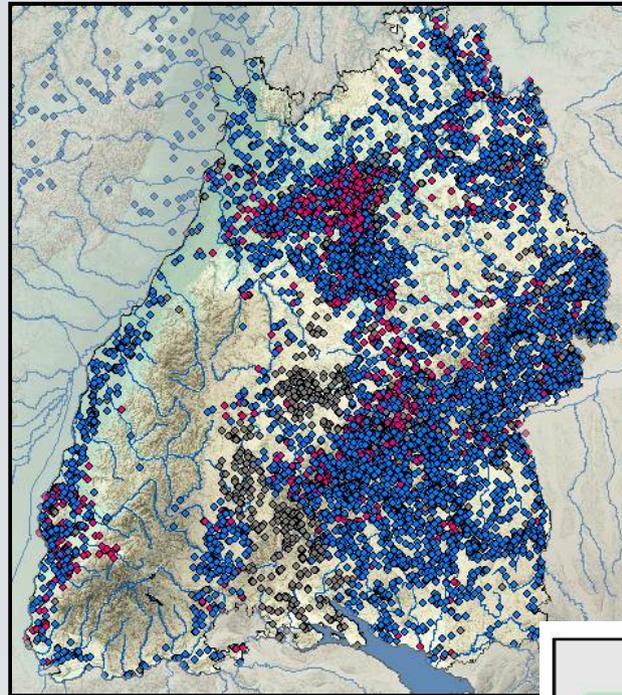
Kultur sind Standardisierungen
und werden von
Kollektiven getragen



Ältere Eisenzeit in Baden-Württemberg

- “Siedlungshierarchien und kulturelle Räume” in DFG-SPP 1171

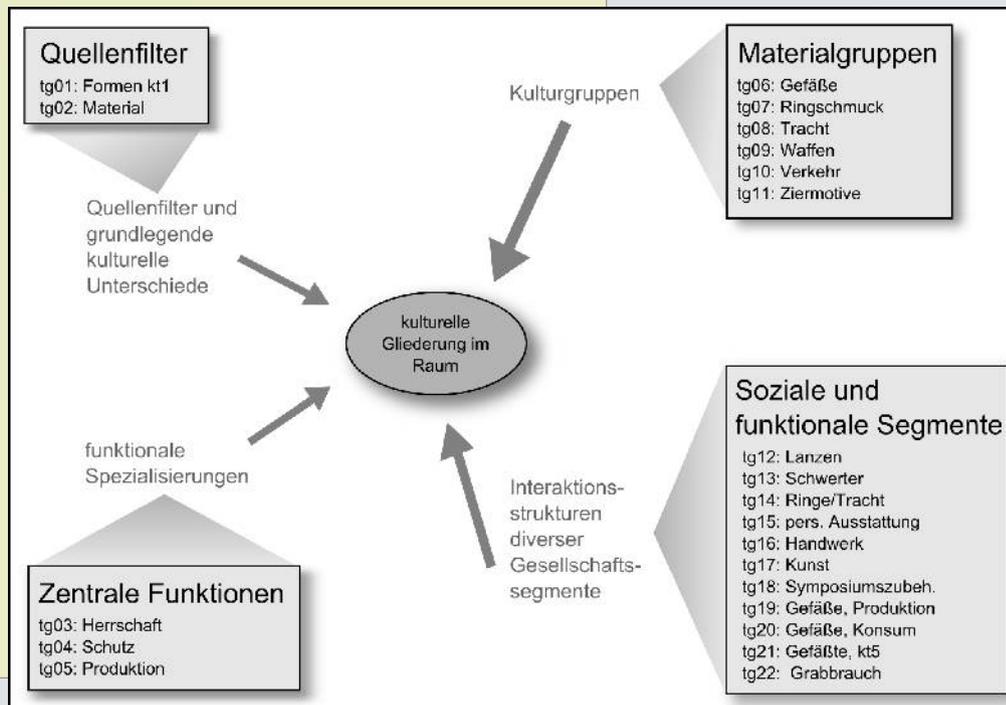
Fundstellen (rot: Siedlungen; blau: Gräber)
Materialgruppen für die Analysen
Datenbankstruktur



81.989 Funde

von

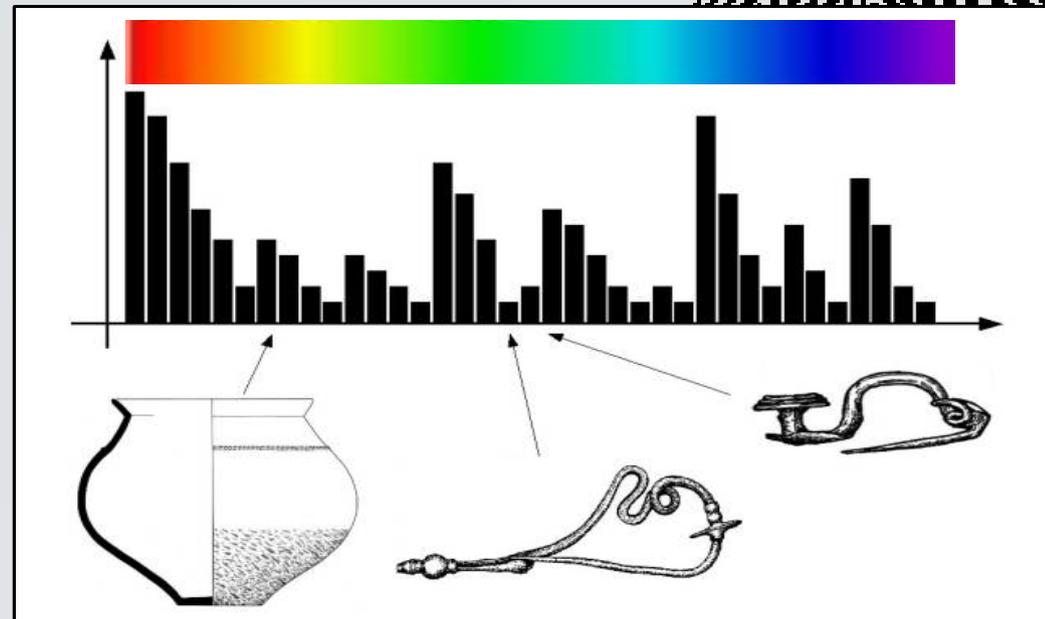
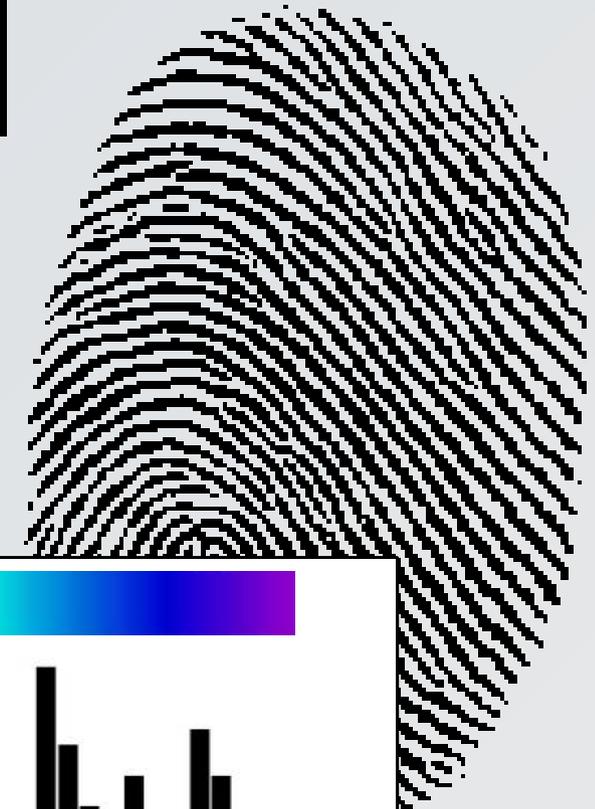
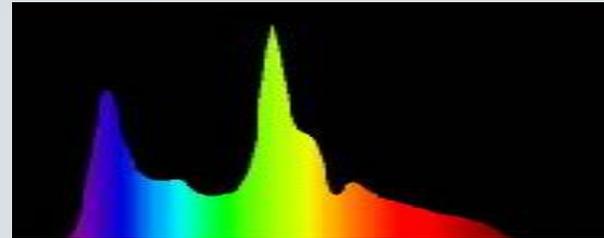
12.576 Fundstellen



	Haupttabellen:	weitere Informationen:
loc 1	Staaten	Flächengeometrie
loc 2	Länder	Flächengeometrie
loc 3	Region	Flächengeometrie
loc 4	Kreis	Flächengeometrie
loc 5	Gemeinden	
loc 6	Fundstellen	Zentralortfaktoren Naturraumdaten ...
loc 7	Objekte (Siedlungselemente, Hügel, ...)	Grabhügel ...
loc 8	Komplexe (Siedlungsbefunde, Gräber, ...)	Gräber ...
loc 9	Schichten	
loc 10	Funde	Keramik Fibeln ...

Identifikation von Kulturen – Fingerabdrücke von Gemeinschaften

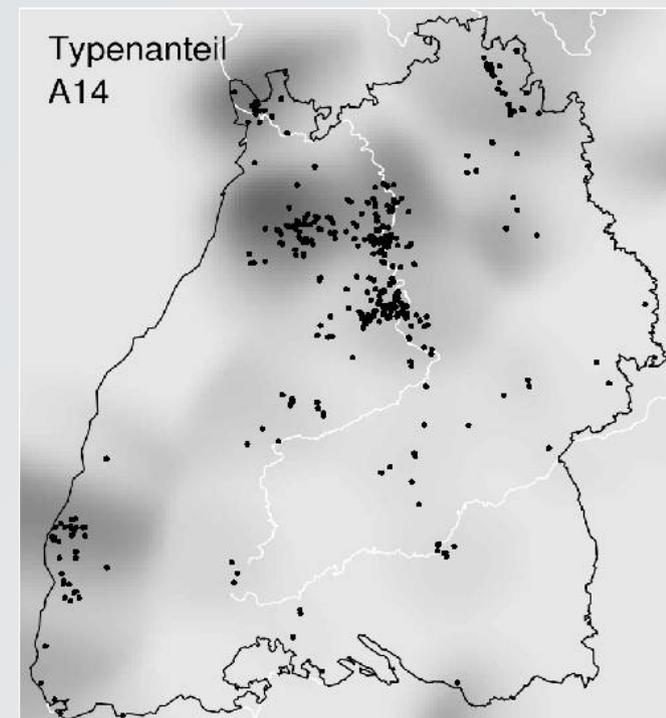
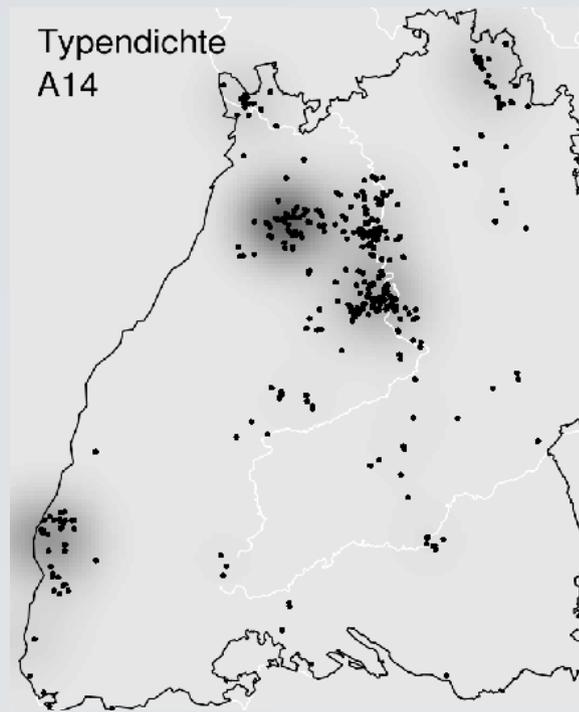
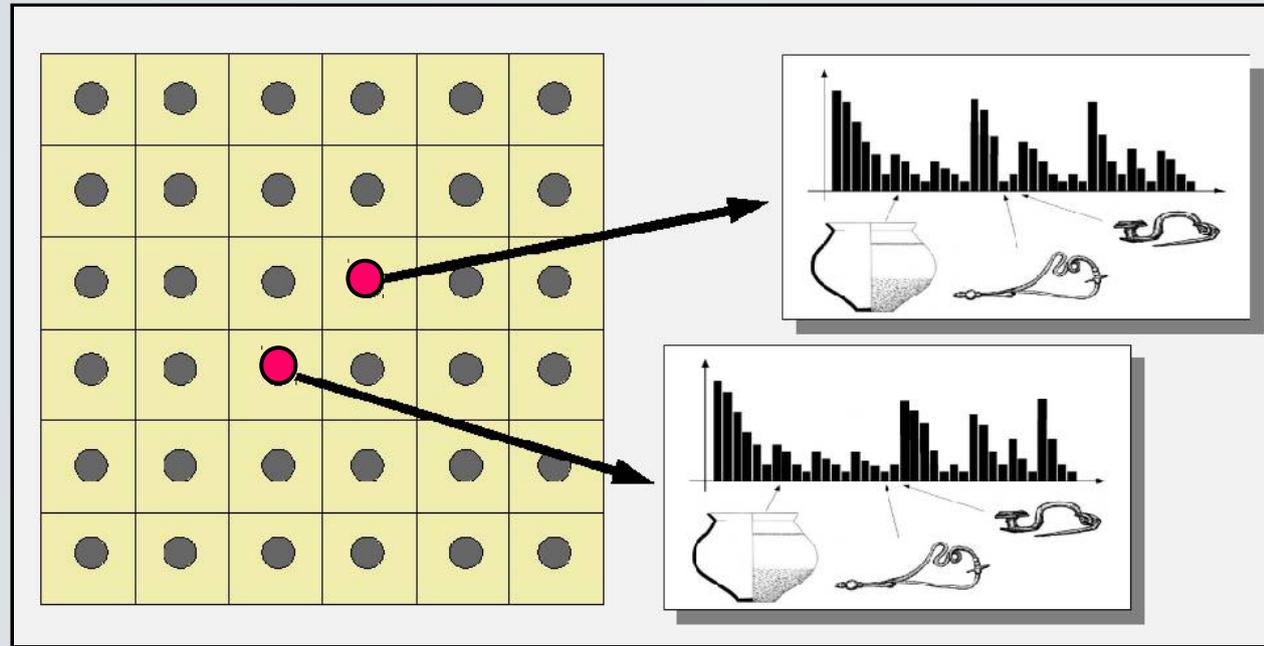
- “Typenspektren” sind kulturelle Fingerabdrücke
- “Typenspektren” enthalten den relativen Anteil jeden Typs an allen Funden



Kulturelle Metrik

- Kulturelle Distanzen sind euklidische Distanzen zwischen zwei Typenspektren (TS)
- Eine Archäologische Kultur ist ein Cluster räumlicher Analyseeinheiten mit ähnlichen TS
- Typenspektren werden in dieser Analyse gewonnen durch die Beprobung von Funddichtekarten (KDE) an den Punkten eines regelmäßigen Rasters
- Eine Normierung auf alle Funde eines TS sichert Vergleichbarkeit

$$d_{(x,y)} = \sqrt{(x_i - y_i)^2}$$



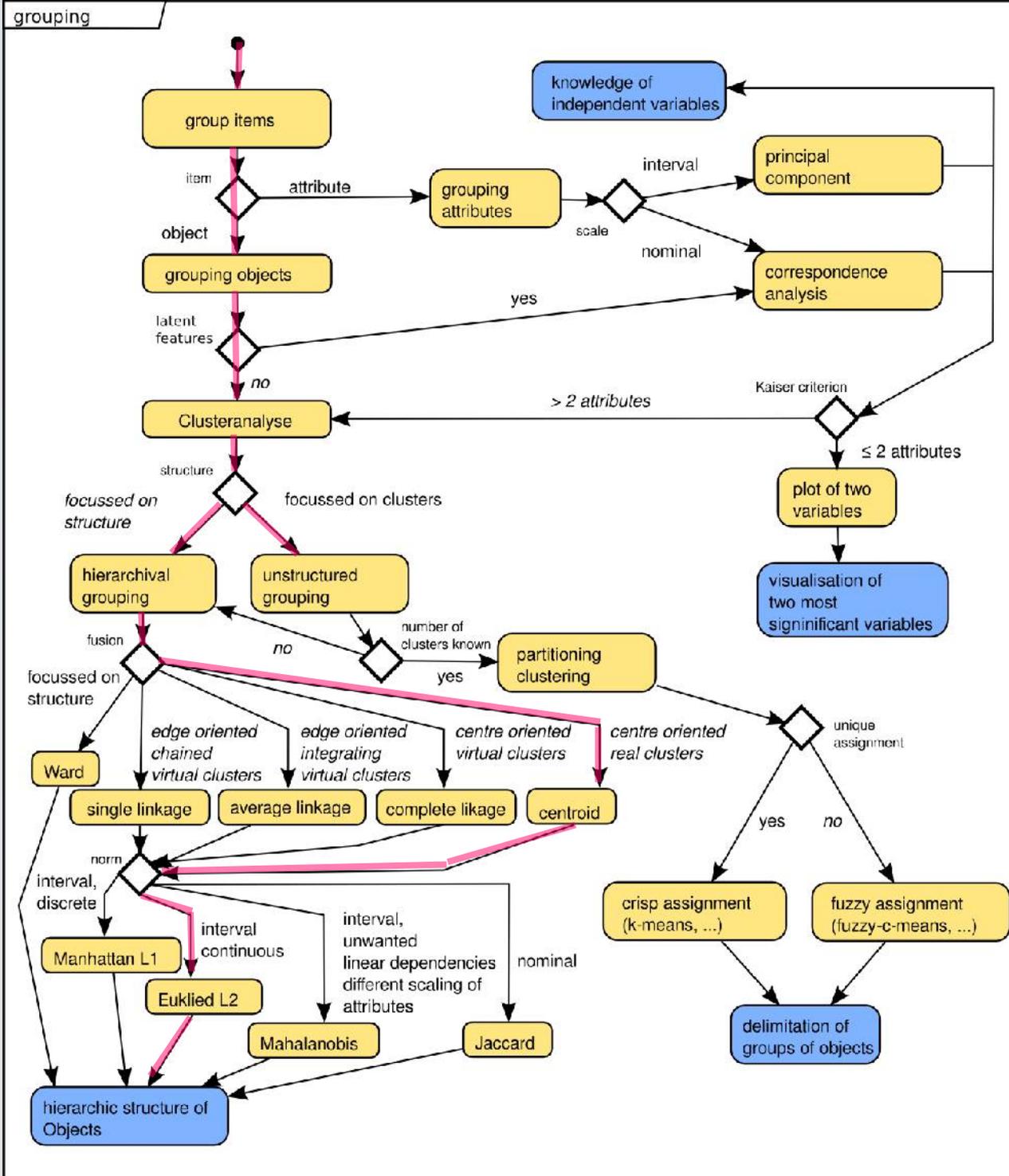
Entscheidungsbaum Methode

Allen Merkmale entsprechen einzelne Standardisierungen. Die Standardisierungen sind **keine latente Variable** hinter den den Merkmalen

Die **Hierarchie** der wichtigsten Kulturen soll ermittelt werden

Cluster werden gemäß der Kulturtheorie **nicht als Ordnungseinheiten**, sondern als Kultur mit spezifischen Standardisierungen, also Typenspektrum aufgefasst.

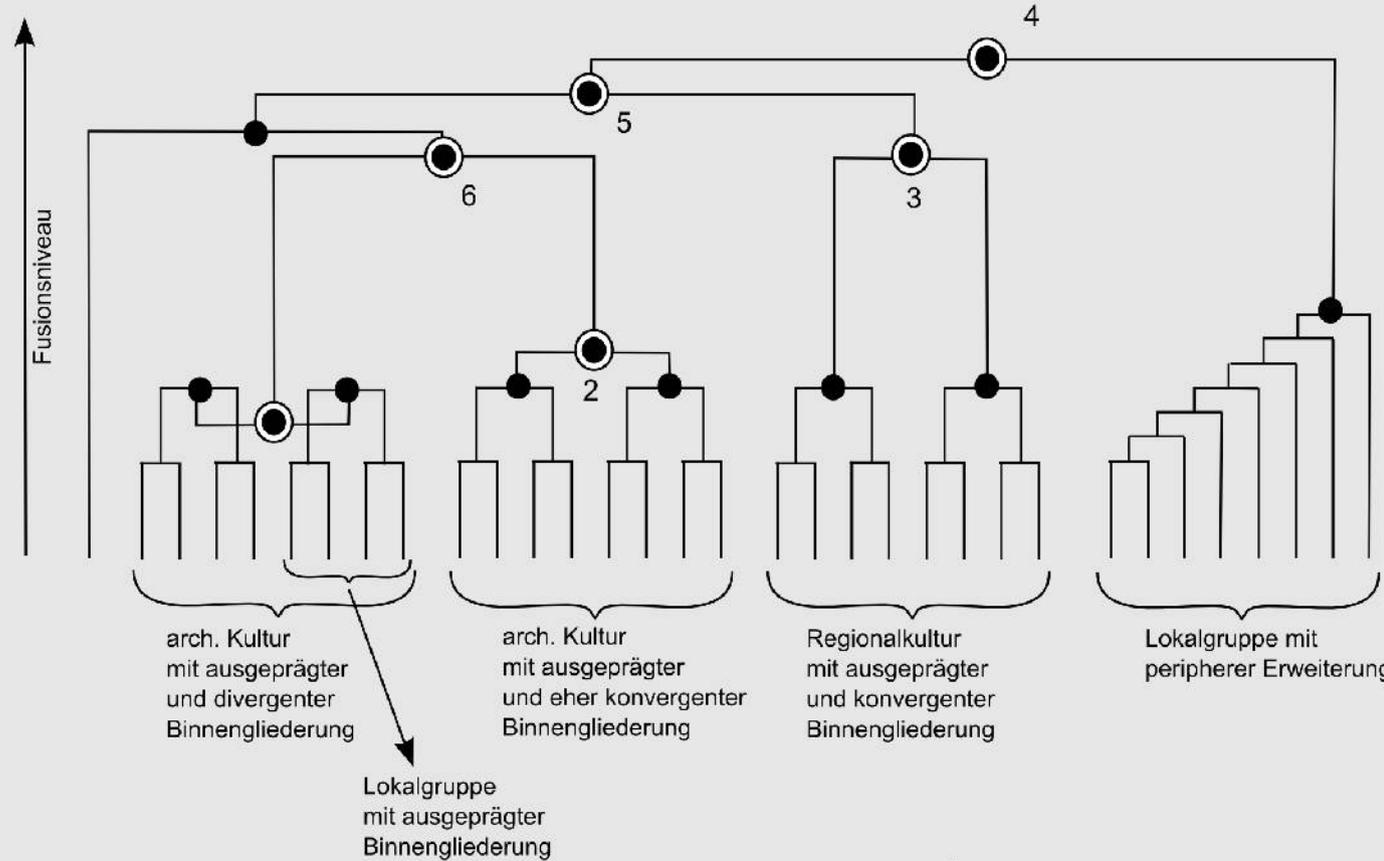
Datengrundlage wurde durch das Klassifikationssystem und Normalisierung **an den euklidischen Raum angepasst**



Dendrogrammreduzierung

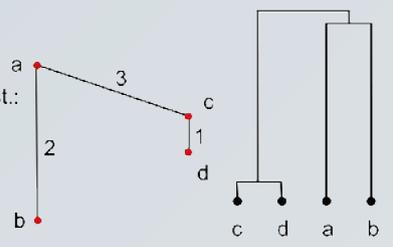
Schematisierung der Bewertung von Dendrogrammknoten

- Größe: Anzahl der Elemente
- Mächtigkeit: Anzahl der Standardisierungen
- Distinguiertheit: übergeordnete Standardisierungen / (eigene Standardisierungen - 1)
- Konvergenz: Summe (untergeordnete Standardisierungen / eigene Standardisierungen)
- Eigenständigkeit: maximale Anzahl der Elemente der untergeordneten Gruppe / eigene Elementzahl
- Segmentierung: minimale Anzahl der Elemente der untergeordneten Gruppe / eigene Elementzahl

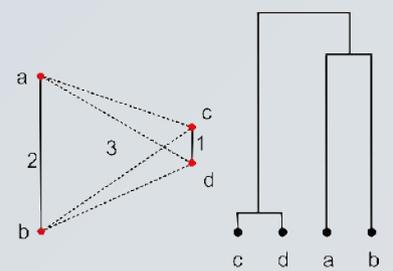


id	G	D	K	E	S
1	8	4,3	1,8	0,5	0,5
2	8	2,2	0,4	0,5	0,5
3	8	1,2	0,1	0,5	0,5
4	33	u	0,4	0,75	0,24
5	25	1,1	0,7	0,68	0,32
6	16	1,2	0,1	0,5	0,5

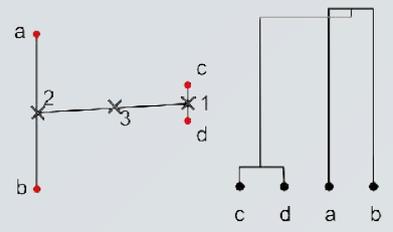
single linkage, min. dist.:
 1: 0,7
 2: 5
 3: 5,2



Mittelwert:
 1: 0,7
 2: 5
 3: 5,6

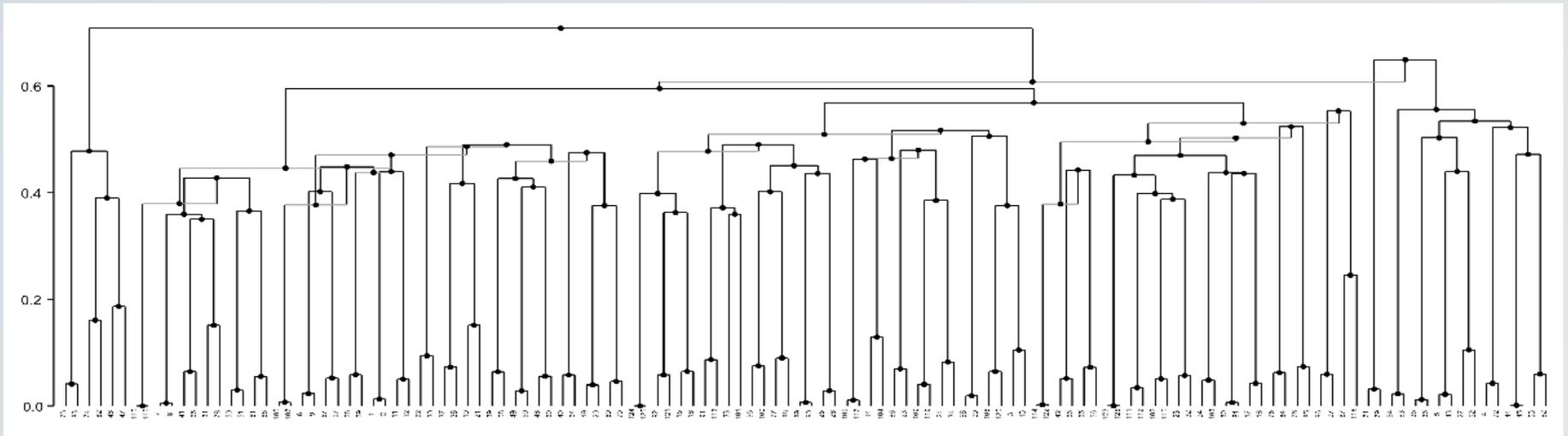


centroid:
 1: 0,7
 2: 5
 3: 4,8



RUNT-Zahl =
 Elementenanzahl des
 kleinsten Fusionspartners

Reduziertes Dendrogramm



Validierung

- **Kriterium 1a** (externe Validierung der Partitionen): Die Cluster sind weitgehend räumlich geschlossen.
- **Kriterium 1b** (externe Validierung der Partitionen, Ergänzung): Die räumlich geschlossenen Cluster weisen eine Mindestgröße auf, die abhängig vom Algorithmus ist.
- **Kriterium 2** (externe Validierung der Hierarchien): Die Hierarchie der kulturellen Ähnlichkeiten entspricht weitgehend der räumlichen Hierarchie.
- **Kriterium 3** (interne Validierung der Partitionen): Die einzelnen Gruppen besitzen hohe innere Homogenität und hohe äußere Heterogenität.
- **Kriterium 4** (interne Validierung der Hierarchien): Die Knoten enthalten etwa gleich große Unterknoten und sind vom übergeordneten Knoten deutlich abgesetzt. (vgl. Visualisierung)
- **Kriterium 5** (Stabilität): Die Ergebnisse sind weitgehend stabil. Eine Verbesserung der Datenbasis (Quantität und Qualität) führt nicht zu grundlegenden Änderungen des Ergebnisses.

$$P5f = \frac{f}{sf} \quad (5.11)$$

$$P6a = \frac{f}{fa} \quad (5.12)$$

$$P6f = f \quad (5.13)$$

$$G1 = \frac{sf g * ea}{sag * ef} \quad (5.14)$$

$$G2f = sf g \quad (5.15)$$

$$G2a = \frac{sf g}{sag} \quad (5.16)$$

$$G3a = \frac{s1g + s2g}{sag} \quad (5.17)$$

$$G3f = \frac{s1g + s2g}{sf g} \quad (5.18)$$

$$G4 = \frac{s1g + s2g}{f} \quad (5.19)$$

$$G5 = \frac{\sum d * ef * (k - \frac{2 * \text{ceil}(2 * \sqrt{ef})}{ef})}{4 * ef} \quad (5.20)$$

$$H1 = \frac{f}{fv} \quad (5.21)$$

$$H2 = \prod_{1 \leq i \leq ef} \frac{f}{fi} \quad (5.22)$$

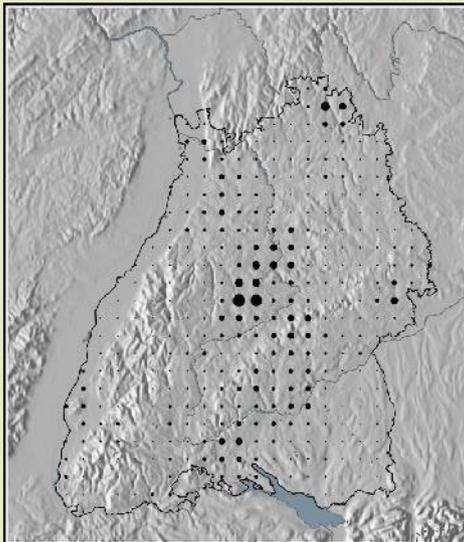
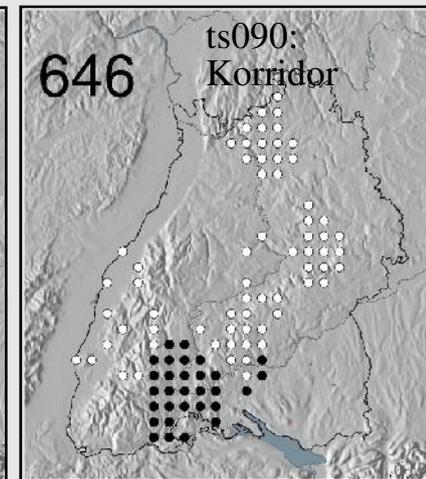
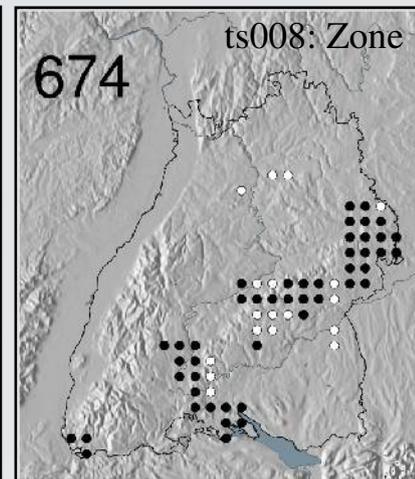
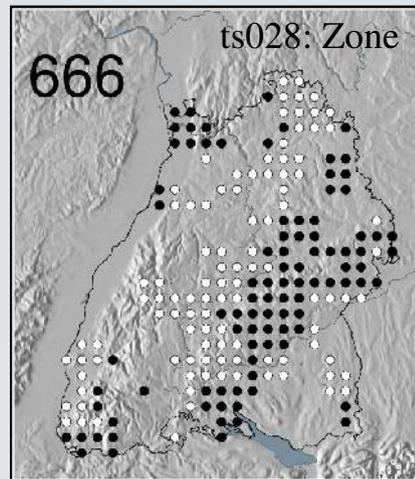
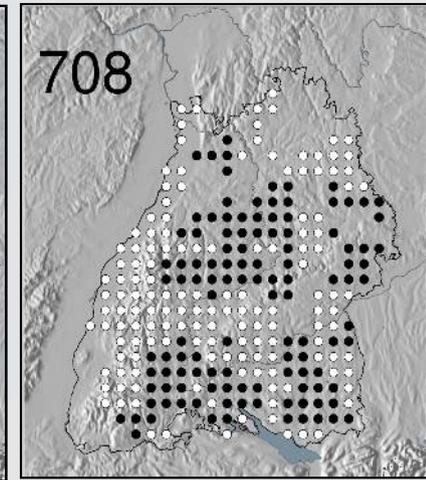
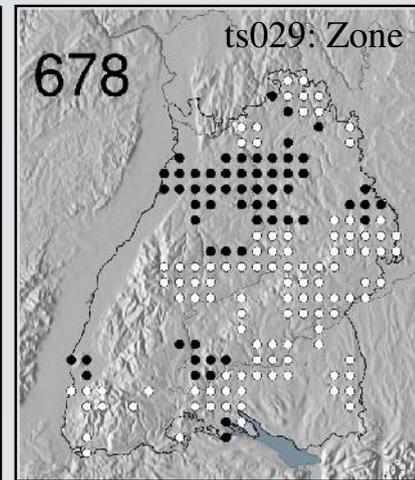
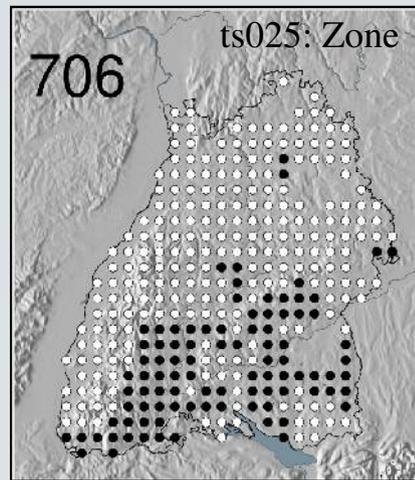
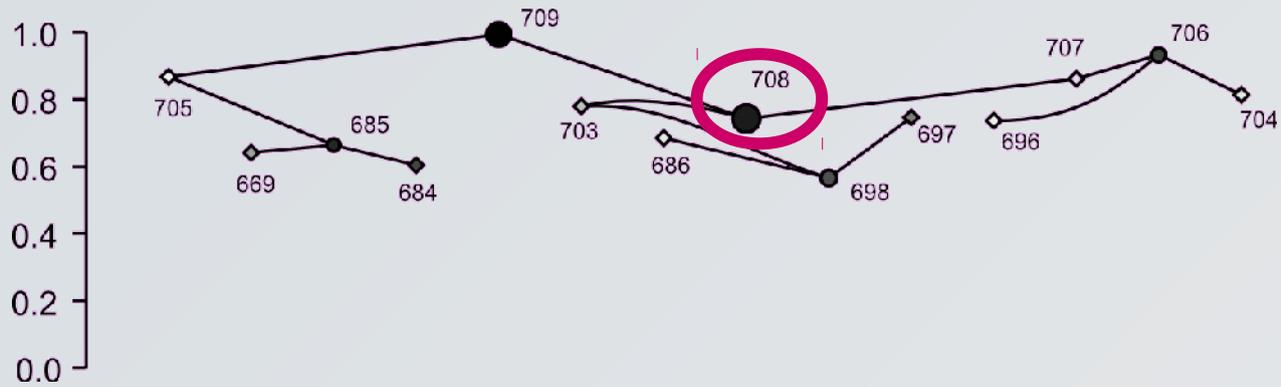
$$H3 = \frac{ef}{ea} \quad (5.23)$$

$$H4 = \frac{\max(ei)}{ef} \quad (5.24)$$

Primäre Clusteranalyse

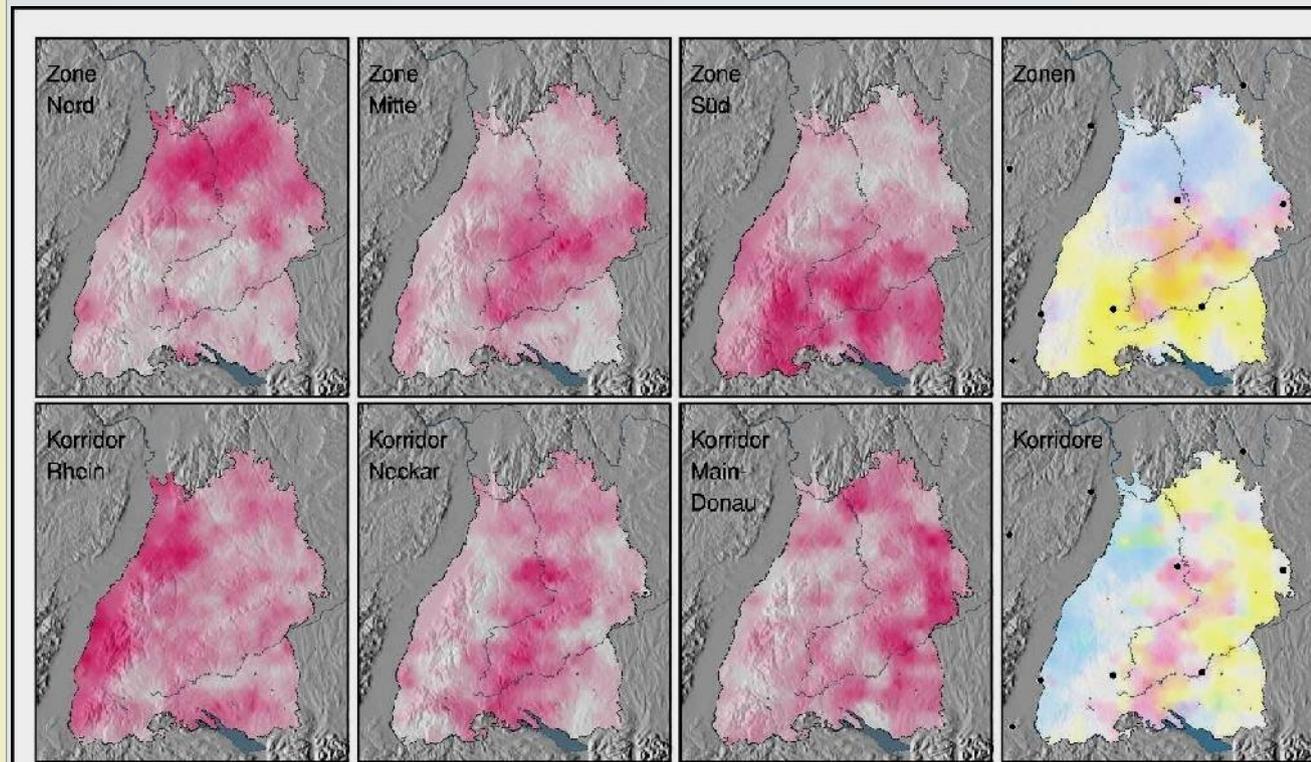
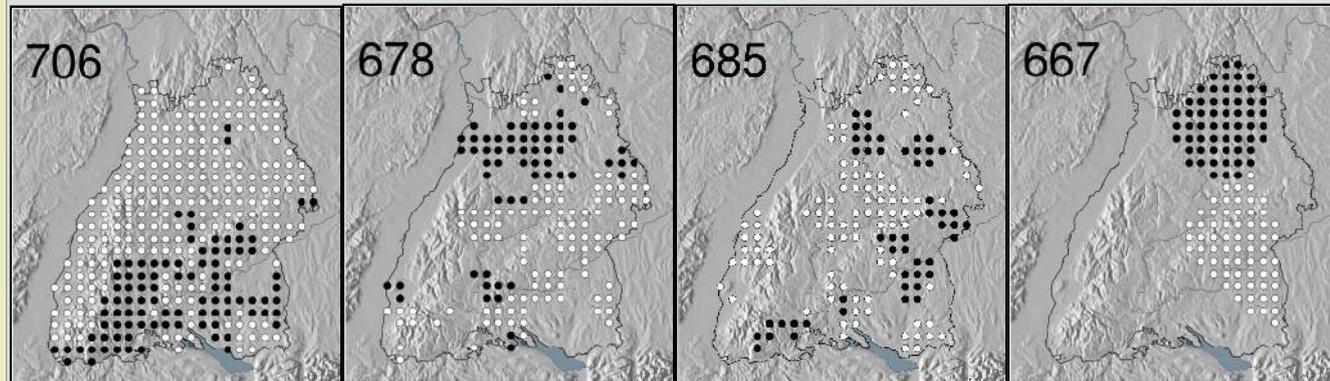
- Clusters of “Typenspektren” from geographical units

reduced dendrogram
maps for some nodes in dendrogram
map of density of finds



Primäre und sekundäre Analyse

- Primäre Clusteranalyse: Kulturelle Räume
- Sekundäre Clusteranalyse: dominante Kulturräume
- In der sekundären Clusteranalyse sind die Gruppen der primären Clusteranalyse die zu gruppierenden Elemente.
- Zur Darstellung wird für jeden Rasterpunkt gezählt, wie viele primäre Cluster diesen abdecken. Es folgt eine Interpolation zu einem feineren Raster.



Prädefinierte hierarchische Fundklassifikation

**M1.1.1.1
rundliche Töpfe**

**M1.1.1.1.1
niedriger Schwerpunkt**

**M1.1.1.1.2
hoher Schwerpunkt**

**M1.1.1.1.1.1
breiter Bauch**

**M1.1.1.1.1.2
schmalere Bauch**

**M1.1.1.1.2.1
breiter Bauch**

**M1.1.1.1.2.2
schmalere Bauch**

**M1.1.1.1.1.1.1
flache Schulter**

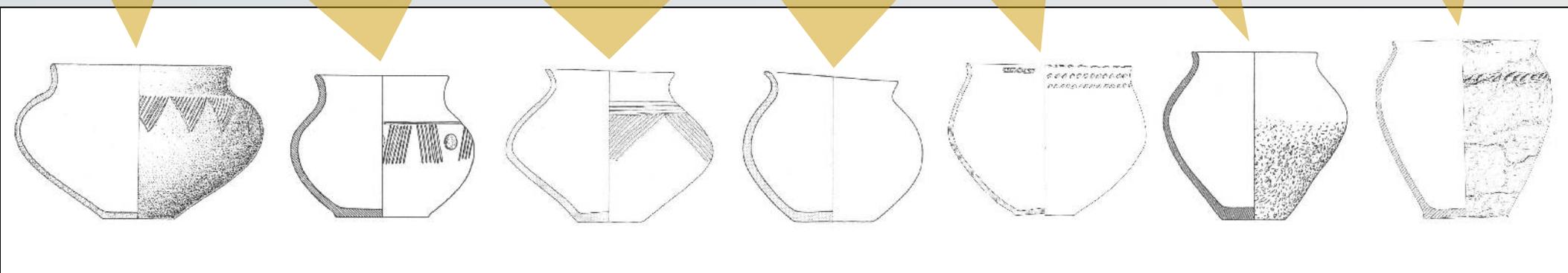
**M1.1.1.1.1.1.2
mittlere Schulter**

**M1.1.1.1.1.1.3
steile Schulter**

**M1.1.1.1.1.1.2.1
steiler Rand**

**M1.1.1.1.1.1.2.2
mittlerer Rand**

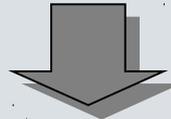
**M1.1.1.1.1.1.2.3
flacher Rand**



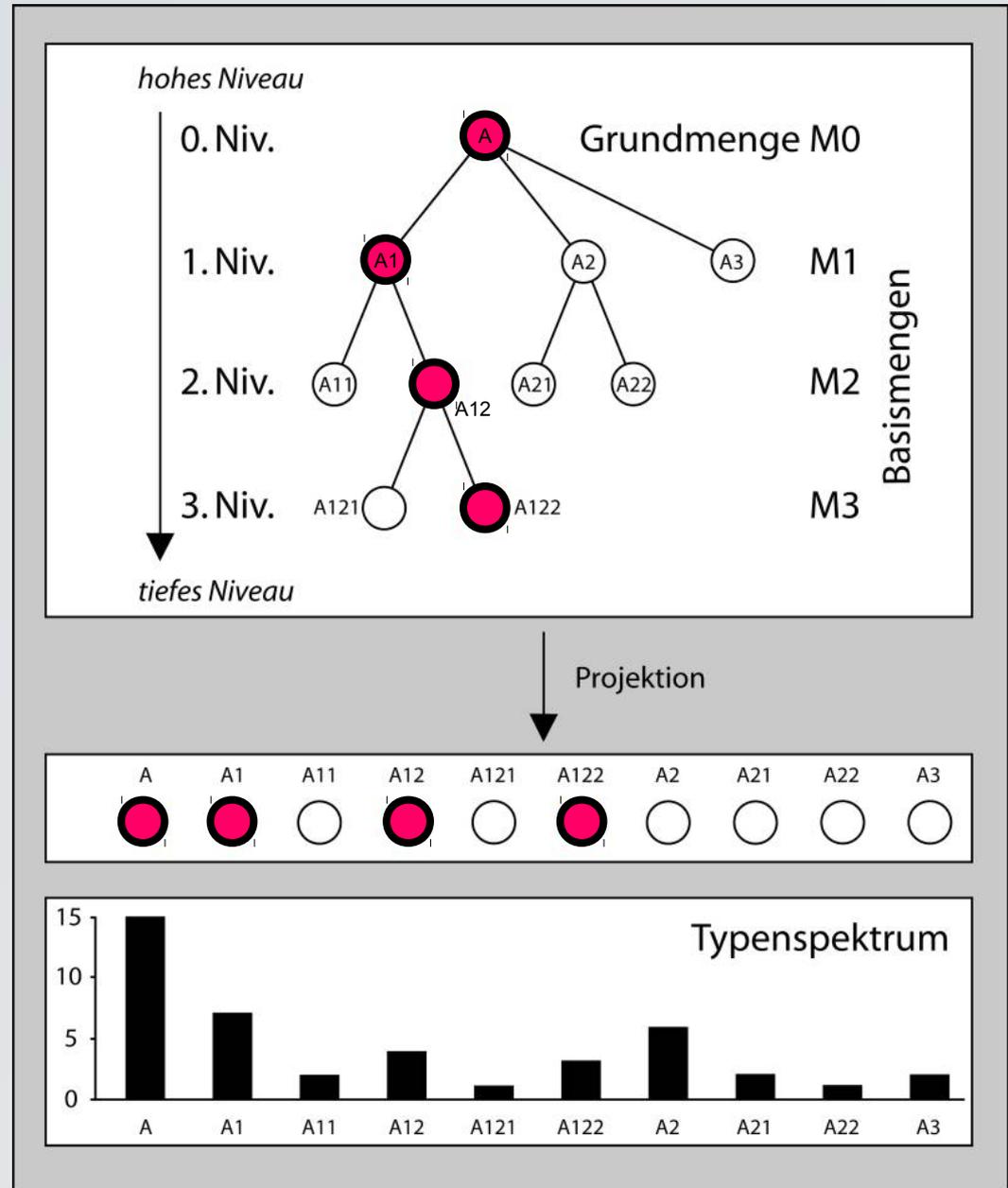
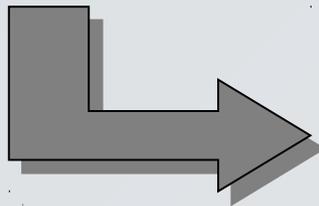
Klassifikation

Anforderungen:

- a) Gesamte Materialbasis erfassen
- b) Maximum an Informationen einfließen lassen
- c) Fundähnlichkeit auf allen Niveaus erfassen
- d) Fundquantitäten erfassen
- e) Inventarähnlichkeit
- f) Spezialisierungsgrad gewichten



- 1. Hierarchische Klassifikation mit disjunkten Klassen
- 2. Unstrukturierte Klassifikation ohne disjunkte Klassen



Klassifikationsniveaus

Klassifikationstiefe:

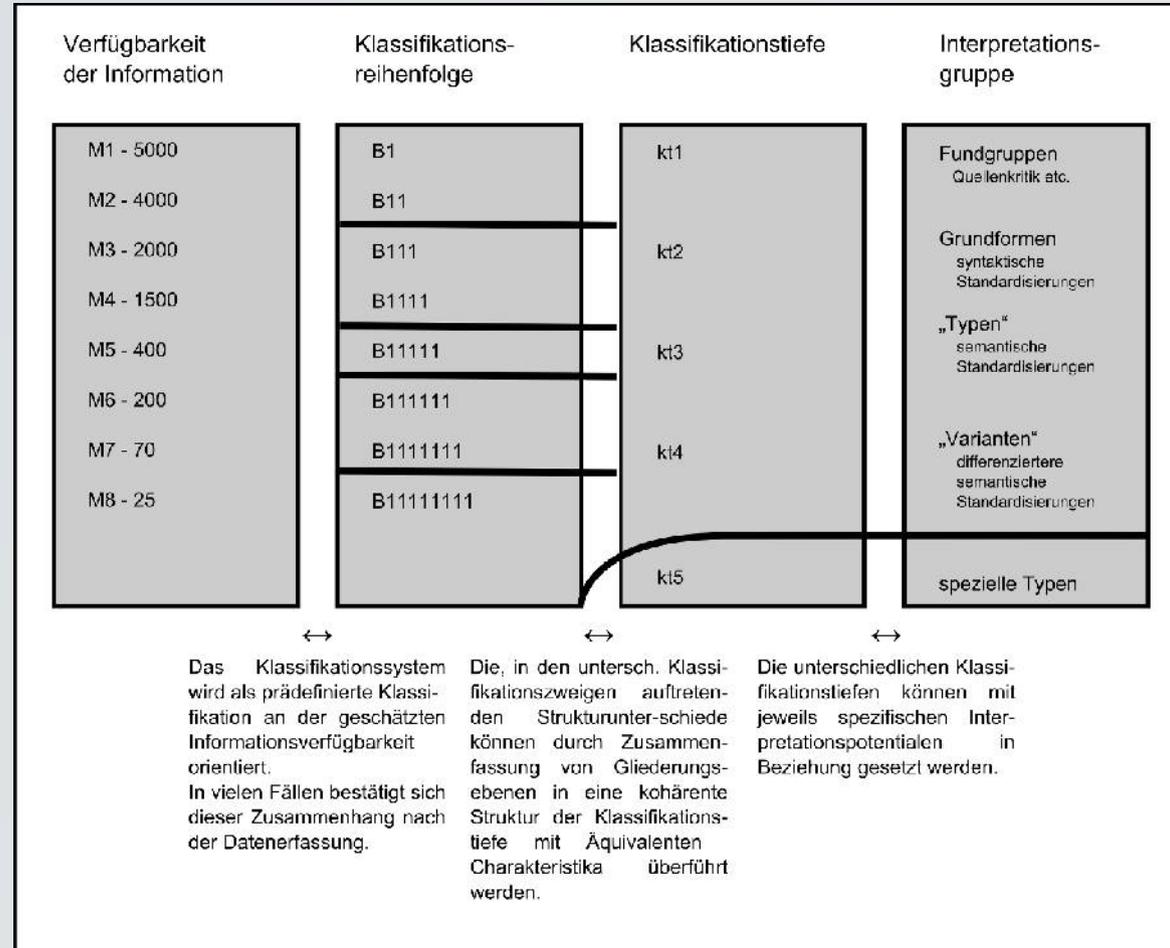
kt1: Fundgruppen (z. B. Schmuck, Gefäß) ermöglichen quellenkritische Aussagen und können ähnliche ökonomische und kulturelle Basissysteme anzeigen.

kt2: Grundformen (z. B. Fibel, Halsring) zeigen syntaktisch ähnliche Gebiete an. (Standardisierung der Trachtelemente)

kt3: „Typen“ (z. B. Paukenfibel) zeigen semantisch ähnliche Gebiete an. (Standardisierung der Ausprägung der Trachtelemente)

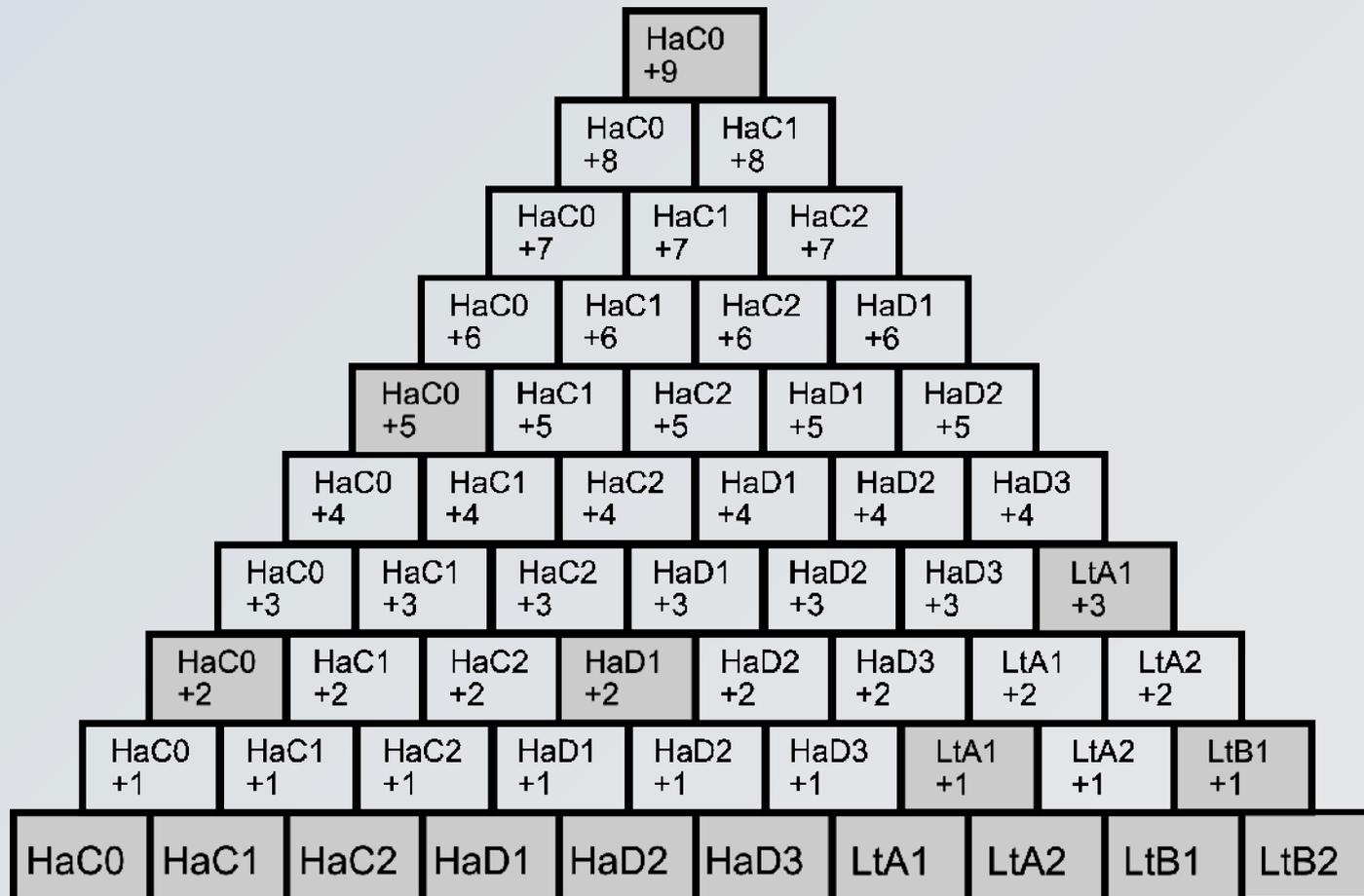
kt4: „Varianten“ (z. B. P2 mit kugelförmigem Fuß) ermöglichen eine weitere Differenzierung semantisch ähnlicher Gebiete.

kt5: spezielle Typen (z. B. Linsenflasche) sind nicht im monohierarchischen Klassifikationssystem enthalten und ermöglichen einerseits eine ergänzende Differenzierung und andererseits die Regionalisierung spezieller Phänomene (Werkstattkreise etc.). Aufgrund geringerer Quantitätskontrolle sind die Ergebnisse jedoch aus methodischer Sicht erheblich unsicherer.



Chronologie

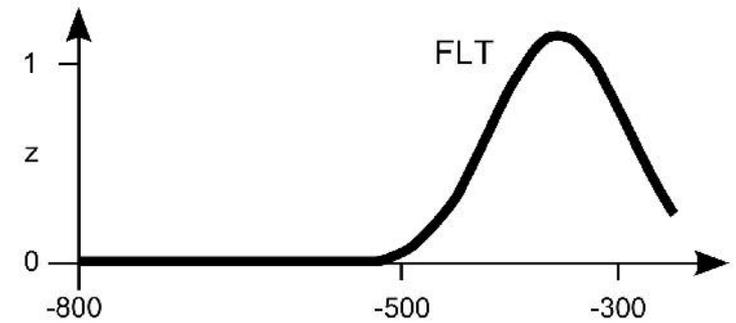
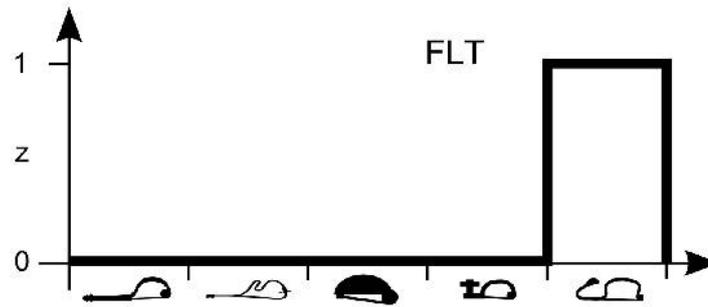
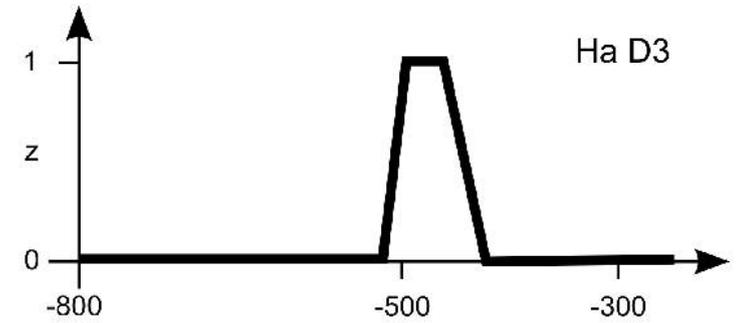
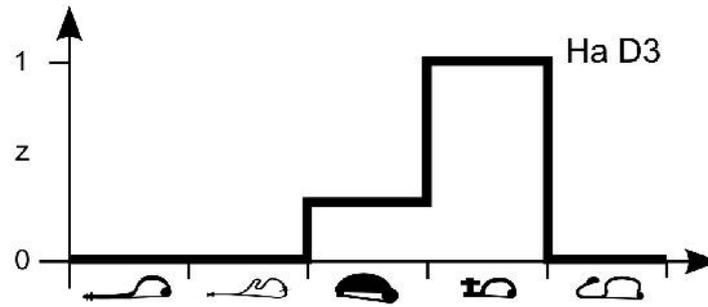
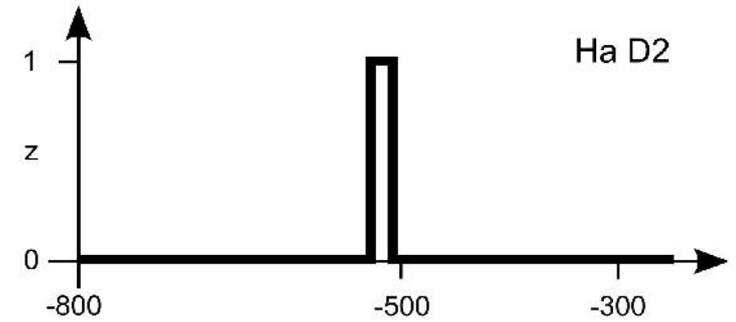
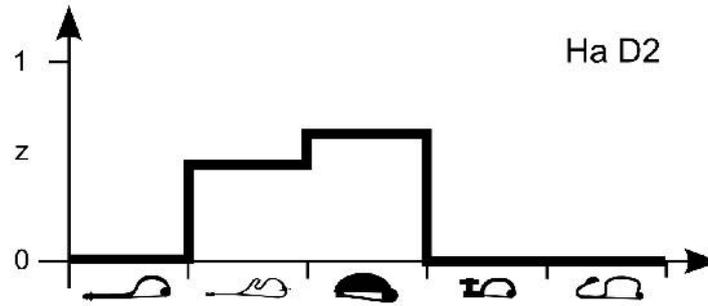
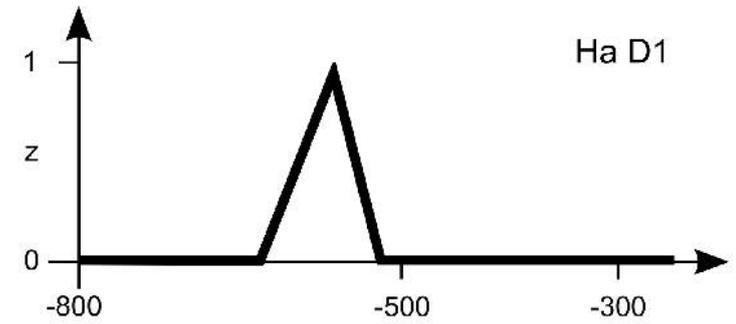
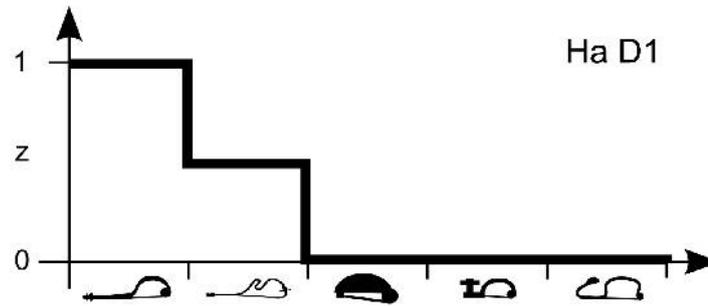
ältere Eisenzeit									
Ha						FLT			
HaC			HaD			LtA		LtB	
HaC0	HaC1	HaC2	HaD1	HaD2	HaD3	LtA1	LtA2	LtB1	LtB2



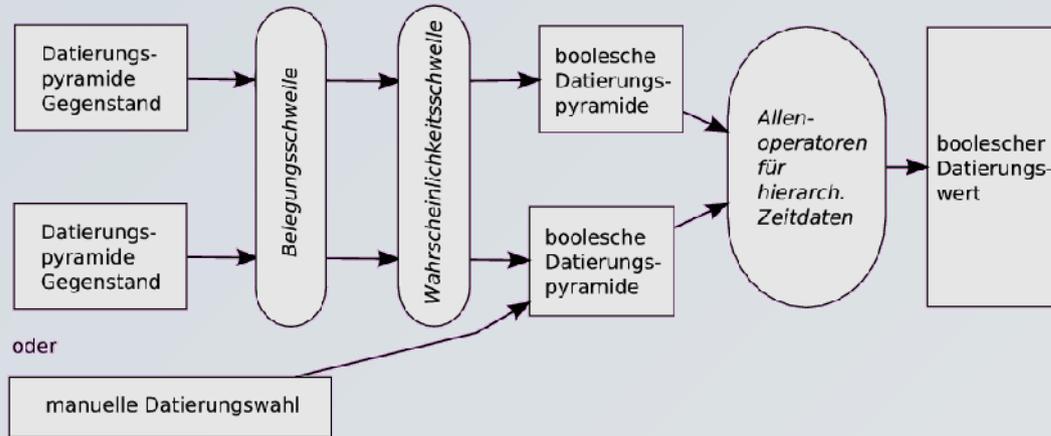
Chronologie

Zugehörigkeitsfunktion der Typen zu Phasen

Funktionsbeispiele für Zugehörigkeitsfunktionen der Jahre zu Phasen



Chronologie



1

A: Fundstellendatierung

0			1			0			
0			1			0		0	
0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0

Wahrscheinlichkeitsschwelle = 0,7

0			1			0			
0			1			0		0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B: Referenzdatierung

0									
0					0				
0			0		0		0		
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Allenoperator "during"

$A \text{ d } B = 0$

"Schlangenfibern datieren nicht sicher in Ha D1"

2

A: Fundstellendatierung

0			1			0			
0			1			0		0	
0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0

Wahrscheinlichkeitsschwelle = 0,5

0			1			0			
0			1			0		0	
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0

B: Referenzdatierung

0									
0					0				
0			0		0		0		
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Allenoperator "during"

$A \text{ d } B = 1$

"Die Wahrscheinlichkeit, dass Schlangenfibern in Ha D1 datieren beträgt mindestens 1/2."

Chronologie

	■			
	■	■		
		■	■	
			■	
				■
	HaD1	HaD2	HaD3	FLT
1	"Ha D1"			

	■			
	■	■		
		■	■	
			■	
				■
	HaD1	HaD2	HaD3	FLT
2	1	1	0	0

	■			
	■	■		
		■	■	
			■	
				■
	HaD1	HaD2	HaD3	FLT
3	1	1	0	1

	■			
	■	■		
		■	■	
			■	
				■
	HaD1	HaD2	HaD3	FLT
4	0	0,66	0,33	0

1. herkömmliche Datierungsangabe
2. Stufenbelegung
3. Stufenbelegung mit unterbrochenem Intervall
4. Datierungswahrscheinlichkeiten
- 5a. summierte Datierungswahrscheinlichkeit (nicht sinnvoll)
- 5b. Belegung von Datierungswahrscheinlichkeiten
- 5c. kumulierte Belegung von Datierungswahrscheinlichkeiten

	■			
	0,5	0,5		
		0,66	0,33	
			■	
				■
	HaD1	HaD2	HaD3	FLT
5a	0,5	1,16	0,33	0

	■			
	0,5	0,5		
		0,66	0,33	
			■	
				■
	HaD1	HaD2	HaD3	FLT
5b	0,9-0	0,9-0	0,9-0	0,9-0
	0,8-0	0,8-0	0,8-0	0,8-0
	0,7-0	0,7-0	0,7-0	0,7-0
	0,6-0	0,6-1	0,6-0	0,6-0
	0,5-1	0,5-1	0,5-0	0,5-0
	0,4-0	0,4-0	0,4-0	0,4-0
	0,3-0	0,3-0	0,3-1	0,3-0
	0,2-0	0,2-0	0,2-0	0,2-0
	0,1-0	0,1-0	0,1-0	0,1-0
	0,0-0	0,0-0	0,0-0	0,0-0

	■			
	0,5	0,5		
		0,66	0,33	
			■	
				■
	HaD1	HaD2	HaD3	FLT
5c	0,9-0	0,9-0	0,9-0	0,9-0
	0,8-0	0,8-0	0,8-0	0,8-0
	0,7-0	0,7-0	0,7-0	0,7-0
	0,6-0	0,6-1	0,6-0	0,6-0
	0,5-1	0,5-2	0,5-0	0,5-0
	0,4-1	0,4-2	0,4-0	0,4-0
	0,3-1	0,3-2	0,3-1	0,3-0
	0,2-1	0,2-2	0,2-1	0,2-0
	0,1-1	0,1-2	0,1-1	0,1-0
	0,0-1	0,0-2	0,0-1	0,0-0

Fazit

Unpopuläre Maximen

- Die Wahl der Methode sollte ausschließlich von Theorie, Fragestellung und Daten abhängen.
- Die Validierung der Ergebnisse ist wesentlicher Bestandteil der Analysen.
- Die Visualisierung muss sich den Anforderungen anpassen.
- Die Klassifikation des Ausgangsmaterial muss sich den individuellen Anforderungen der Analyse anpassen.
- Unscharfe Informationen sollten mit adäquaten Methoden gehandhabt werden.

Literatur

- O. Nakoinz, Studien zur räumlichen Abgrenzung und Strukturierung der älteren Hunsrück-Eifel-Kultur. Universitätsforsch. Prähist. Arch. 118 (Bonn 2005) und elektronische Dissertation (Kiel 2004).
- D. Krause, O. Nakoinz u. M. Steffen, Siedlungshierarchien und kulturelle Räume. In: J. Biel u. D. Krause (Hrsg.), Beiträge des Gutachter-Kolloquiums in Bonn, 5. Dezember 2005. URL: http://fuerstensitze.de/dna_media/Krause+Na444dfff803e10.pdf.
- O. Nakoinz, D. Krause u. M. Steffen, Siedlungsarchäologie und archäologische Kulturgeographie. In: D. Krause u. J. Biel (Hrsg.), Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse nördlich der Alpen. Kolloquien und Arbeitsberichte des DFG-SPP 1171 (Stuttgart 2008) 381-398.
- O. Nakoinz, Die Methode zur quantitativen Untersuchung kultureller Ähnlichkeiten im Rahmen des Projektes „Siedlungshierarchien und kulturelle Räume“. In: D. Krause u. O. Nakoinz (Hrsg.), Kulturraum und Territorialität: Archäologische Theorien, Methoden, Fallbeispiele. Kolloquium des DFG-SPP 1171 Esslingen 17.-18. Januar 2007. Internationale Archäologie – Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress 13 (Rahden 2009) 87-97.
- O. Nakoinz u. C. Steffen, Siedlungshierarchien und kulturelle Räume II – Die kulturellen und sozialen Dimensionen des Raums. In: R. Karl u. J. Leskovar (Hrsg.), Interpretierte Eisenzeiten. Fallstudien, Methoden, Theorie. Tagungsbeiträge der 3. Linzer Gespräche zur interpretativen Eisenzeitarchäologie. Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich 22 (Linz 2009) 191-206.
- O. Nakoinz, Kulturelle Räume der älteren Eisenzeit in Südwestdeutschland. In: D. Krause u. D. Beilharz (Hrsg.), „Fürstensitze“ und Zentralorte der frühen Kelten. Abschlußkolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171. Teil II. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 120 (Stuttgart 2010) 317-332.
- O. Nakoinz, Siedlungshierarchien und kulturelle Räume der älteren Eisenzeit in Süddeutschland 1. Archäologische Kulturgeographie (Abschlussbericht des DFG-Projektes „Siedlungshierarchien und kulturelle Räume“; Druck in Vorbereitung). [Habilitationsschrift, Kiel 2010]
- O. Nakoinz, Territorien und Zentrale Orte der älteren Eisenzeit. In: V. Molodin u. S. Hansen (Hrsg.), „Terra Scythica“ Materialien des internationalen Symposiums „Terra Scythica“ (17.-23. August 2011, Denisov-Höhle, Altai (Novosibirsk 2011) 185-191.
- O. Nakoinz, Datierungskodierung und chronologische Inferenz - Techniken zum Umgang mit unscharfen chronologischen Informationen. Prähist. Zeitschr. 87, 2012, 189-207.