



Georg Roth (Köln)

Indikator-Typen-Analyse zur Bestimmung von Leitfunden ?

| | T 01 | T 02 | T 03 | T 04 | T 05 | T 06 | T 07 | T 08 | T 09 | GRUPPE |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Inventar 01 | 19 | 55 | 78 | 9 | 60 | 78 | 53 | 68 | 22 | A |
| Inventar 02 | 61 | 17 | 33 | 21 | 75 | 22 | 22 | 13 | 12 | |
| Inventar 03 | 84 | 41 | 58 | 2 | 85 | 41 | 41 | 32 | 7 | |
| Inventar 04 | 74 | 46 | 3 | 95 | 21 | 73 | 40 | 77 | 41 | |
| Inventar 05 | 63 | 79 | 81 | 96 | 99 | 100 | 3 | 8 | 29 | |
| Inventar 06 | 86 | 27 | 42 | 60 | 42 | 10 | 78 | 65 | 37 | |
| Inventar 07 | 24 | 66 | 16 | 3 | 51 | 23 | 18 | 18 | 48 | B |
| Inventar 08 | 33 | 23 | 84 | 6 | 82 | 14 | 30 | 54 | 74 | |
| Inventar 09 | 8 | 68 | 77 | 92 | 68 | 72 | 36 | 53 | 91 | |
| Inventar 10 | 66 | 22 | 80 | 58 | 72 | 74 | 58 | 11 | 11 | |
| Inventar 11 | 84 | 58 | 88 | 83 | 62 | 54 | 19 | 69 | 60 | |
| Inventar 12 | 52 | 86 | 52 | 17 | 44 | 62 | 93 | 34 | 78 | |
| Inventar 13 | 38 | 65 | 100 | 22 | 62 | 13 | 85 | 75 | 64 | C |
| Inventar 14 | 65 | 83 | 99 | 55 | 16 | 88 | 3 | 39 | 40 | |
| Inventar 15 | 62 | 58 | 82 | 44 | 73 | 65 | 68 | 55 | 4 | |
| Inventar 16 | 77 | 92 | 19 | 71 | 48 | 53 | 67 | 50 | 43 | |
| Inventar 17 | 53 | 83 | 97 | 23 | 18 | 91 | 56 | 6 | 51 | |
| Inventar 18 | 29 | 85 | 0 | 1 | 78 | 6 | 61 | 39 | 99 | |

Typ 7 => Gruppe A ?

1. Einleitung

Gliederung

1. Einleitung
2. Leitfund und Indikator-Analyse
3. Datenstruktur und Software
4. Methodik
5. Beispiel: Alt-/mittelneolithisches Silexrohmaterial in Franken
6. Kern-Aussagen

2. Leitfund und Indikatorortypen-Analyse

2.1. Leitfund

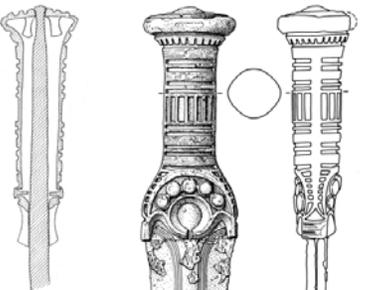
- Typologisch analysierte Inventare archäologischer Objekte
- Typ anhand dessen Auftreten Stufe/Gruppe definiert wird
- Konzept aus der Geologie entlehnt (Leitfossil)
- in Archäologie Inventargruppen definiert, in Geologie vorgegeben

| | | |
|--|----------------------|------------------------------------|
| CENOZOIC ERA (Age of Recent Life) | Quaternary Period | <i>Pecten gibbus</i> |
| | Tertiary Period | <i>Calyptrophorus vel</i> |
| MESOZOIC ERA (Age of Medieval Life) | Cretaceous Period | <i>Scaphites hippocretae</i> |
| | Jurassic Period | <i>Perisphinctes tiziani</i> |
| | Triassic Period | <i>Trochites subbullatus</i> |
| PALEOZOIC ERA (Age of Ancient Life) | Permian Period | <i>Leptodus americanus</i> |
| | Pennsylvanian Period | <i>Dictyoclostus americanus</i> |
| | Mississippian Period | <i>Cactocrinus multibrachiatus</i> |
| | Devonian Period | <i>Mucrospirifer mucronatus</i> |
| | Silurian Period | <i>Cystiphyllum niagarensis</i> |
| | Ordovician Period | <i>Bathyrurus extans</i> |
| | Cambrian | <i>Paradoxides pinus</i> |
| | PRECAMBRIAN | |

Geological Index fossils (Wikipedia Commons)

Ex post („passiv“)
Gruppen vorgegeben
Art („Typ“) ermittelt

A priori („aktiv“)
Gruppen definiert
Typ als Definens



Bz-Vollgriffschwert
Nord. BzZ II
(Driehaus 1968)



Navicella-Fibel
Golasecca-Kultur IC
(Eles Masi 1986)

2. Leitfund und Indikatorarten-Analyse

2.2. Indikator-Arten

- Ökologie sucht Arten, deren Auftreten Gruppenzugehörigkeit (Region, Habitattyp etc.) eines Artenspektrums anzeigt („Indikator“)
- Konzept seit 1920ern intuitiv verfolgt
- Seit späte 1990er objektive/statistische Methodik (Dufrene/Legendre 1997)
- Artenspektren-Gruppierung(-en) vorgegeben (Region, Habitattyp etc.)

Wird Indikator (bei neuem Fall) gefunden, gehört Fall zu indizierter Gruppe bzw. Gruppe durch Indikator charakterisiert



Iberisches Gebirge
(Wikipedia Commons)



Quercus pyrenaica
Arten-Gemeinschaften
(FOTO De Caceres)

Vilcha/De Caceres et al. 2013 :
Indikatorarten (Bäume) für Regional-
gruppen iberischer Eichenwälder.



Quercus faginea
(Wikipedia Commons)

2. Leitfund und Indikatorarten-Analyse

2.3. Transfer in die Archäologie = Indikator-Typen

GEFRAGT: Typ-Auftreten zeigt Gruppenzugehörigkeit des Inventars an ?

Dear Georg,

email von: Miquel De Caceres 5. Mai 2011

Yours is one of the most unexpected application of indicator species analysis I ever thought could be possible. Reading your description I do not see any problem in applying this kind of analysis on your data. It should help identifying which archaeological items/types are more useful as indicators of grave types.

- Wenn (zeitliche) Gruppierung von Inventarspektrum unabhängig, dann objektive Methodik zur Identifizierung von Leitfunden (*sensu Leitfossil*)
 - Wenn Gruppierung anhand Inventarspektrum erstellt (z. b. Chronologie), dann unterstützende Methodik zur Beschreibung von Gruppierungen (*sensu Leitfund*)
- => objektive Beschreibung von Typ-Auftreten in Inventargruppen

Rückkehr des Leitfundes ? Klares JEIN !

3. Datenstruktur und Software

3.1. Verwendbare Information bzw. Datenstruktur

Zwei Informationen: **Kreuztabelle** und **Gruppenzugehörigkeit**

1. Kreuztabelle mit Sparten für Inventare und Sparten für Typen

= typische archäolog. Daten mit Inventaren in Zeilen und Typen in Spalten

2. Sparten (Spalte) mit Gruppenzugehörigkeit der Inventare

zwei Informationsvarianten möglich: Anzahlen oder Präsenz-/Absenz-Daten (1;0)

| | | Spalten: Typen | | | | | | | | | Spalte: Gruppierung |
|--------------------------|--|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------|
| Zeilen: Inventare | | T 01 | T 02 | T 03 | T 04 | T 05 | T 06 | T 07 | T 08 | T 09 | GRUPPE |
| Inventar 01 | | 19 | 55 | 78 | 9 | 60 | 78 | 53 | 68 | 22 | A |
| Inventar 02 | | 61 | 17 | 33 | 21 | 75 | 22 | 22 | 13 | 12 | |
| Inventar 03 | | 84 | 41 | 58 | 2 | 85 | 41 | 41 | 32 | 7 | |
| Inventar 04 | | 74 | 46 | 3 | 95 | 21 | 73 | 40 | 77 | 41 | |
| Inventar 05 | | 63 | 79 | 81 | 96 | 99 | 100 | 3 | 8 | 29 | |
| Inventar 06 | | 86 | 27 | 42 | 60 | 42 | 10 | 78 | 65 | 37 | |
| Inventar 07 | | 24 | 66 | 16 | 3 | 51 | 23 | 18 | 18 | 48 | B |
| Inventar 08 | | 33 | 23 | 84 | 6 | 82 | 14 | 30 | 54 | 74 | |
| Inventar 09 | | 8 | 68 | 77 | 92 | 68 | 72 | 36 | 59 | 84 | |
| Inventar 10 | | 66 | 22 | 80 | 58 | 72 | 74 | 58 | 58 | 84 | |
| Inventar 11 | | 84 | 58 | 88 | 83 | 62 | 54 | 19 | 58 | 84 | |
| Inventar 12 | | 52 | 86 | 52 | 17 | 44 | 62 | 93 | 58 | 84 | |

Zellen: Anzahlen oder Präs/Abs

gerade betrachtete Gruppe = Zielgruppe

3. Datenstruktur und Software

3.2. Software



Statistik-Programmoberfläche *R*

Open source, frei, ständig aktualisiert

R und Pakete sind wissenschaftliche Publikation(-en)

<http://cran.r-project.org>

Erweiterungs-Pakete vermehrt mit Anleitungen dokumentiert
 `vignette(package=" [package name] ")`



Paket-Autor: Ökologe Miquel De Caceres

Biodiversitätslabor des Katalanischen Forstwirtschaftszentrums in Solsona

www.ctfc.cat

`indicpecies` (De Caceres/Jansen 2013)

Software und Analyse-Anleitung

<http://CRAN.R-project.org/package=indicpecies>

4. Methodik

4.1. Indikatorwert für Anzahlen

$$\sqrt{\text{IndVal}_{\text{ind}}^g} = \sqrt{A_{\text{ind}}^g \times B_{\text{pa}}} = \sqrt{\frac{A1 \cdot a_p / N_p}{\sum_{k=1}^K a_k / N_k} \times \frac{n_p}{N_p} B}$$

In Abwandlung auch für Präsenz-/Absenz-Daten

Spezifität/Qualität (A)

Treue/Eignung (B)

Formel der Indikator-Typ-Berechnung für Anzahlen bei unterschiedlich großen Fall-Gruppen [Wurzel (IndVal^g_{ind}); g = gruppengrößen-korrigiert, ind = partiell Individuen-basiert]

Berechnet wird für jeden Typ bezogen auf jede Gruppe:

1. Bruch (A) aus DS-Typ-Anzahl in Zielgruppe (A1) und Summe (A2) der DS-Typ-Anzahlen in allen Gruppen (A {0,...,1}, A → 1, wenn nur in Zielgruppe)
2. Anteil der Zielgruppenfälle *mit* Typ (B) (B {0,...,1} , „%-Fälle mit Typ in Gruppe“)
3. Ziehe Wurzel aus Produkt von A und B (Geom. Mittel zweier multiplikativer Effekte)

Indikatorwert („Wurzel (IndVal)“) gleich Wurzel aus (A1 / A2 * B)

4. Methodik

4.2. Eigenschaften IndVal

The diagram illustrates the IndVal formula:
$$\sqrt{\frac{a_p/N_p}{\sum_{k=1}^p a_k/N_k} \times \frac{n_p}{N_p}}$$
 A green box labeled 'Spezifität/Qualität' is connected to the term 'A' (representing a_p/N_p). Another green box labeled 'Treue/Eignung' is connected to the term 'B' (representing n_p/N_p).

Indikator-Wert misst Prognose-Güte eines Typs für eine Fallgruppe Das Mittel aus Term A / *Spezifität* („Bezogenheit“ eines Typs auf Gruppe) und Term B / *Treue* („Typ-Treue zur Gruppe“) entspricht **Mittel aus Prognosequalität (A) und Prognoseeignung (B)**

IndVal zwischen 0 (niedrige) und 1 (hohe) Prognosegüte

Bei Indikatorwert zu beachten

- er berücksichtigt nur (!) die Werte für jeweils untersuchten Typ
- er behandelt Abwesenheiten außerhalb Zielgruppe anders als innerhalb

zwei Erweiterungen des Indikatorwertes möglich

- messen der Indikator-Tauglichkeit von **Typkombinationen** [war nicht möglich bisher]
- messen der Indikator-Tauglichkeit für **Kombinationen von Gruppen** („Meta-Gruppen“) [macht nur bei mehr als zwei Gruppen Sinn]

4. Methodik

4.3. Teste: Absicherung des Ergebnisses gegen Zufall

Außer Messung auch Absicherung der beobachteten Werte gegen Zufall möglich (Signifikanz)

empfohlene Datensatzgröße für wirklich belastbare Testergebnisse ca. 100 Inventare mit mind. 30 Inventaren pro Gruppe [Beispiel hier zu klein...]

Signifikanz-Berechnung durch **Permutationsteste**

(Permutation hier = Vertauschung der Gruppenzugehörigkeit)

Signifikanz-Berechnung bereits **korrigiert für Mehrfachtesten !**

Vertrauensbereiche für Maße ermittelbar

Teste können **verzerrt** sein von **räumlicher Autokorrelation** (Test liberal) und **Tautologie-Effekten** (Fallgruppierung anhand! der Typen, z.B. Cluster)

5. Beispiel: Neolithisches Silexrohmaterial

Neolithische Silexinventare W.-Franken (SCHARL 2007, Abb. 1)

5.1. Inventare und Gruppen

Silexrohmaterial-Inventare der Jungsteinzeit aus Westfranken von alt- (AN) und mittelneolithischen (MN) Fundstellen (SCHARL 2007, Tab. 4 und 5).

Daten

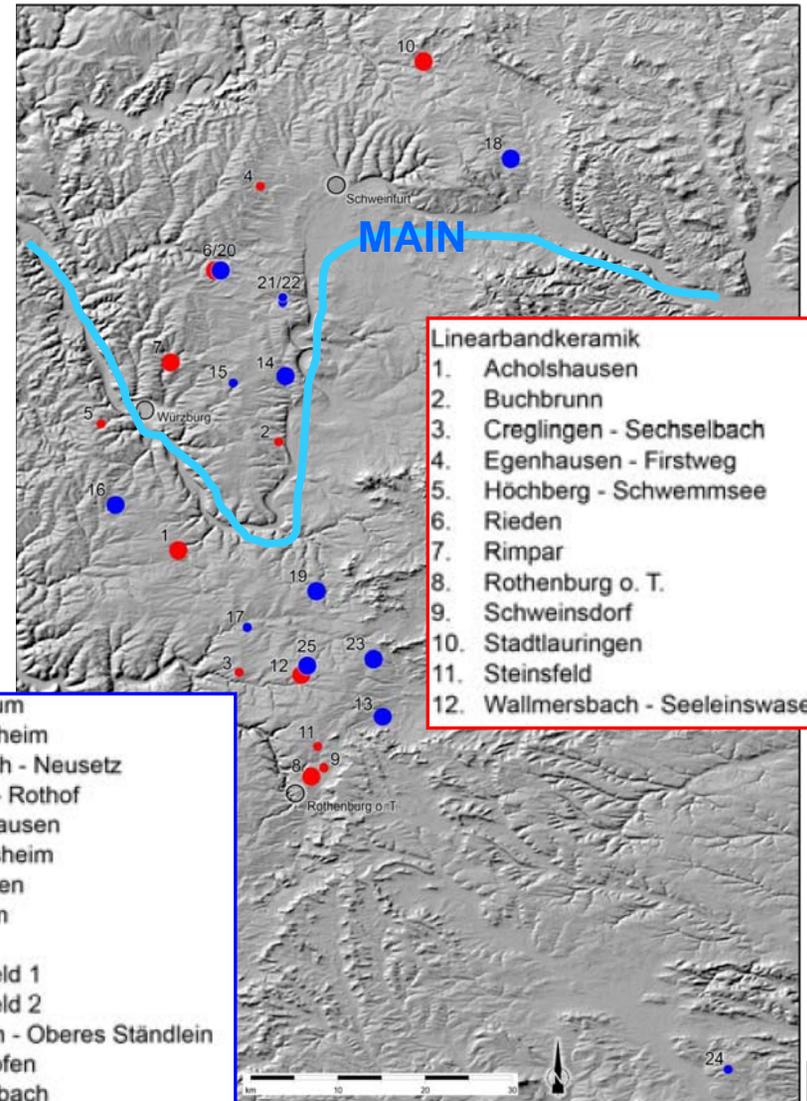
25 Fdst. : 20 Surveys, 5 Grabungen
Kreuztabellen AN (n=12) und MN (n=13)
Fundstellen gegen Rohmaterial

Gruppierungen (typenunabhängig)

(2) *Chronologisch* (AN oder MN)

(2) *Regional* (14 li., 11 re. des Mains)

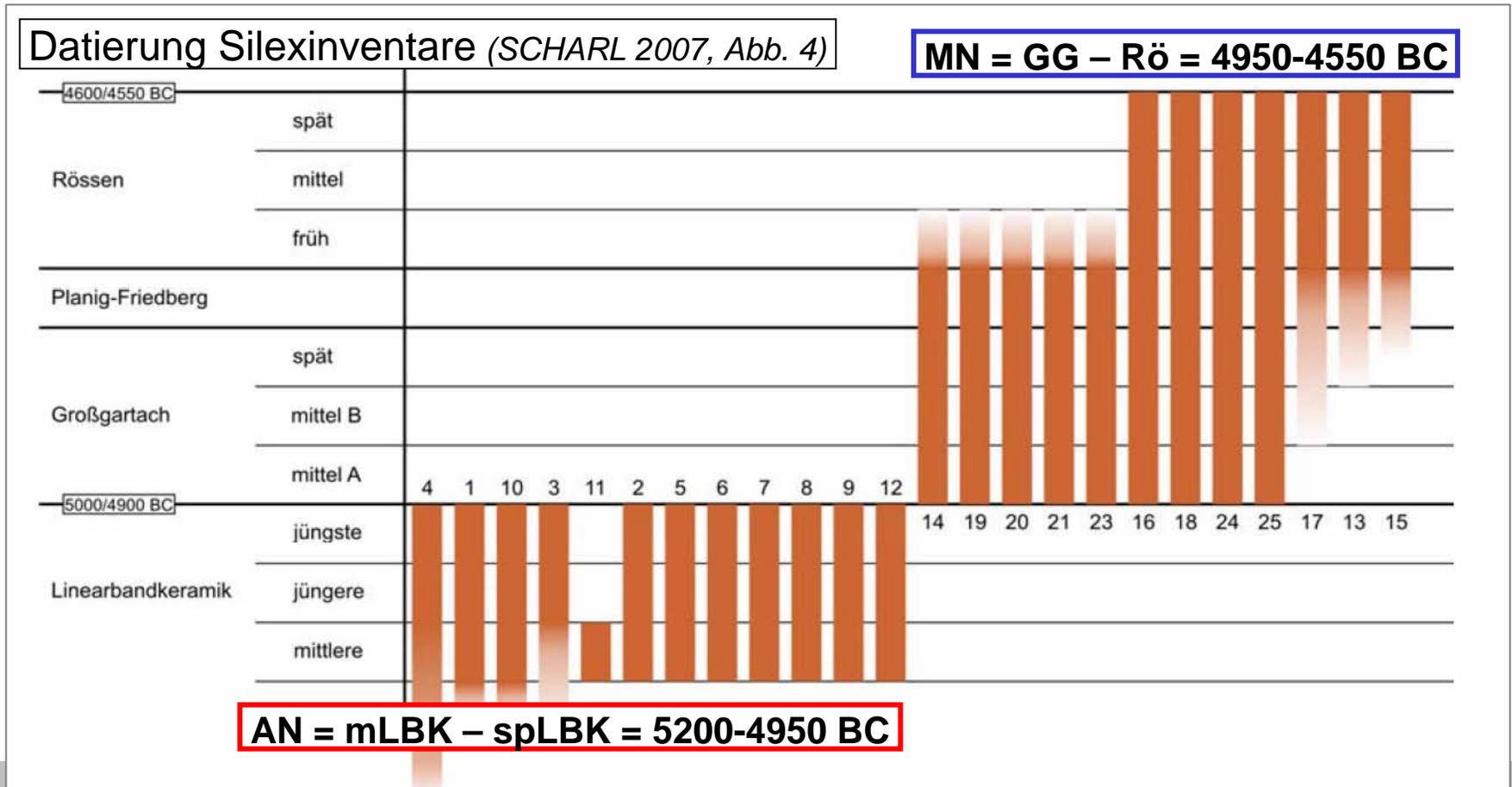
(4) *Chronologie und Region gekreuzt*
(7 AN/li, 5 AN/re, 7 MN/li, 6 MN/re)



5. Beispiel: Neolithisches Silexrohmaterial

5.2. Inventardatierungen

Datierung (=chronolog. Gruppierung) anhand Keramik => von Typen unabhängig
=> Teste unverzerrt [aber Gruppen kleiner als Empfehlung]



5. Beispiel: Neolithisches Silexrohmaterial

5.3.1 Indikatoren / chronologisch

„prognosentaugliches Rohmaterial ist...“

Rohmaterialvorkommen (SCHARL 2007, Abb. 14)

Indikatoren LBK/MN

Multilevel pattern analysis

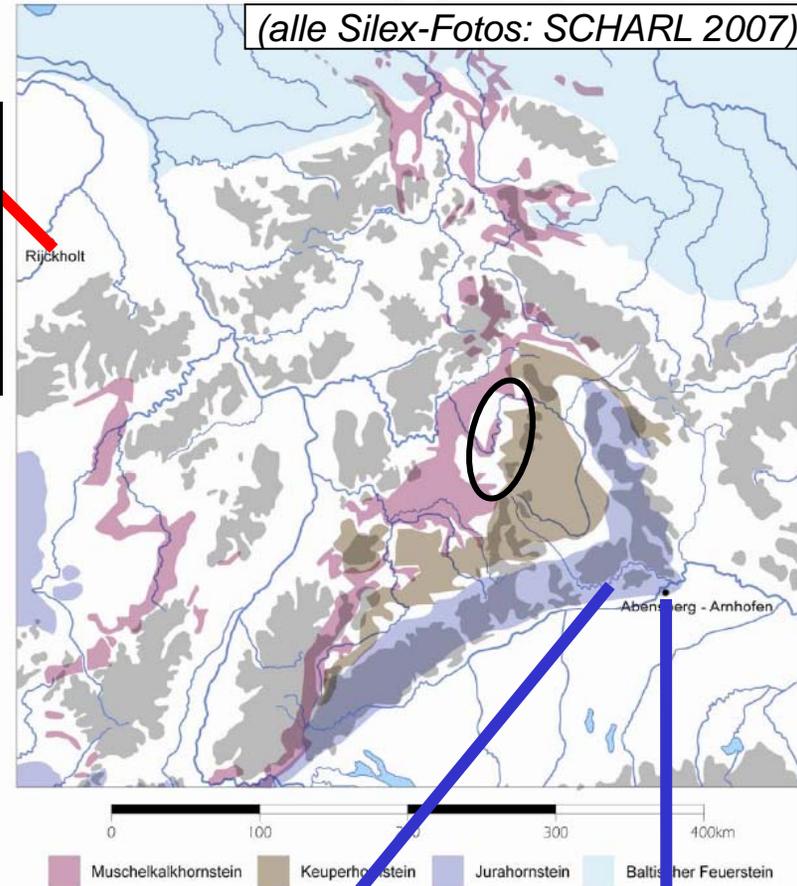
Association function: IndVal.g

Significance level (alpha): 0.05

Total number of species: 26

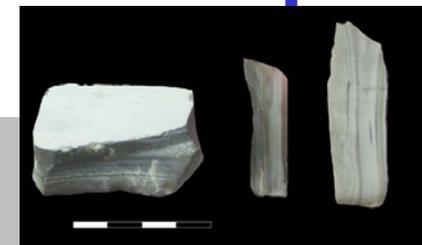
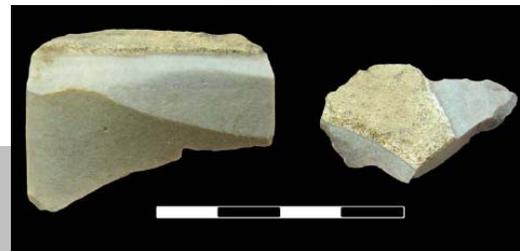
Selected number of species: 7

Number of species associated to 1 group: 7



| Group LBK | #sps. | | stat | p. value |
|-----------|--------|--------|-------|----------|
| | A | B | | |
| RIJ | 0.9485 | 0.8333 | 0.889 | 0.010 ** |
| WIT | 0.8059 | 0.8333 | 0.820 | 0.017 * |

| Group MN | #sps. | | stat | p. value |
|----------|--------|--------|-------|-----------|
| | A | B | | |
| ARN | 0.9329 | 1.0000 | 0.966 | 0.001 *** |
| IN1 | 0.9522 | 0.7692 | 0.856 | 0.006 ** |
| BUX | 0.8626 | 0.7692 | 0.815 | 0.017 * |
| RUL | 0.9461 | 0.4615 | 0.661 | 0.043 * |
| ORT | 1.0000 | 0.3846 | 0.620 | 0.045 * |



5. Beispiel: Neolithisches Silexrohmaterial

5.3.2 Metagruppen-Indikatoren / gekreuzt

Rohmaterialvorkommen (SCHARL 2007, Abb. 14)

„typisch für Gruppe oder Gruppen-Kombination“

(alle Silex-Fotos: SCHARL 2007)

Indikatoren Gruppenkombination

Multi level pattern analysis

Association function: IndVal.g
 Significance level (alpha): 0.05
 Total number of species: 26
 Selected number of species: 6

Number of species associated to 1 group: 3

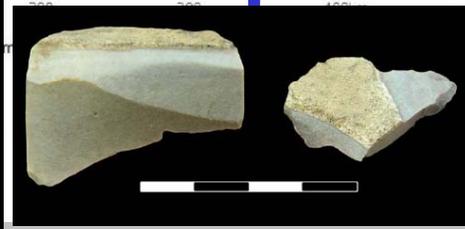
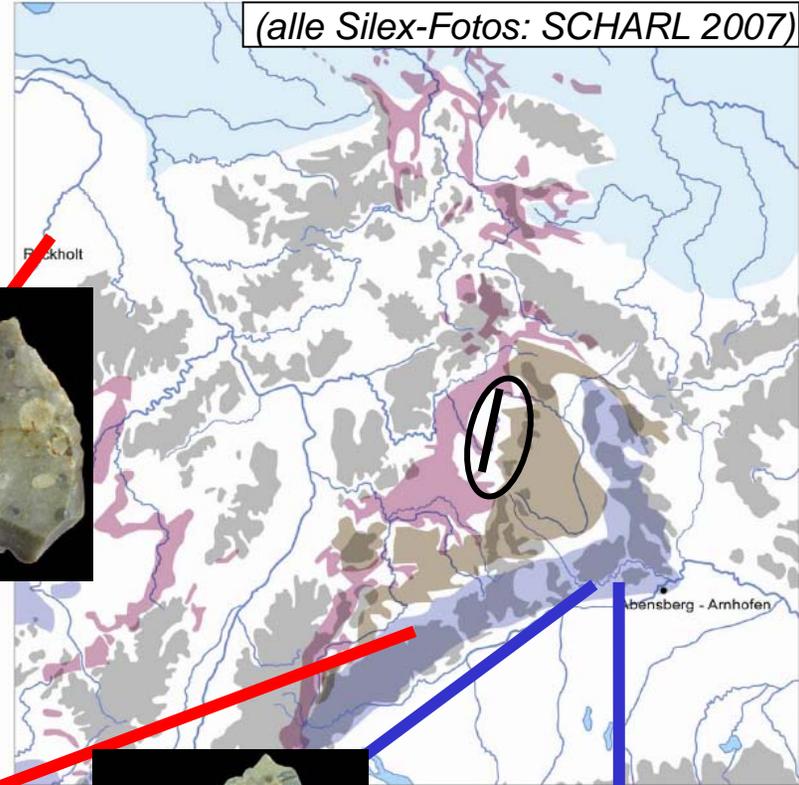
| Group | Lr | #sps. | stat | p. value |
|-------|-------|-------|------|------------------------------------|
| RIJ | 0.917 | 0.004 | ** | █ |

| Group | MI | #sps. | stat | p. value |
|-------|-------|-------|------|-------------------------------------|
| BUX | 0.828 | 0.041 | * | █ |
| GAI | 0.818 | 0.035 | * | █ |

Number of species associated to 2 groups: 3

| Group | LI+Lr | #sps. | stat | p. value |
|-------|-------|-------|------|------------------------------------|
| WIT | 0.815 | 0.041 | * | █ |

| Group | MI+Mr | #sps. | stat | p. value |
|-------|-------|-------|------|-------------------------------------|
| ARN | 0.967 | 0.001 | *** | █ |
| IN1 | 0.858 | 0.011 | * | █ |

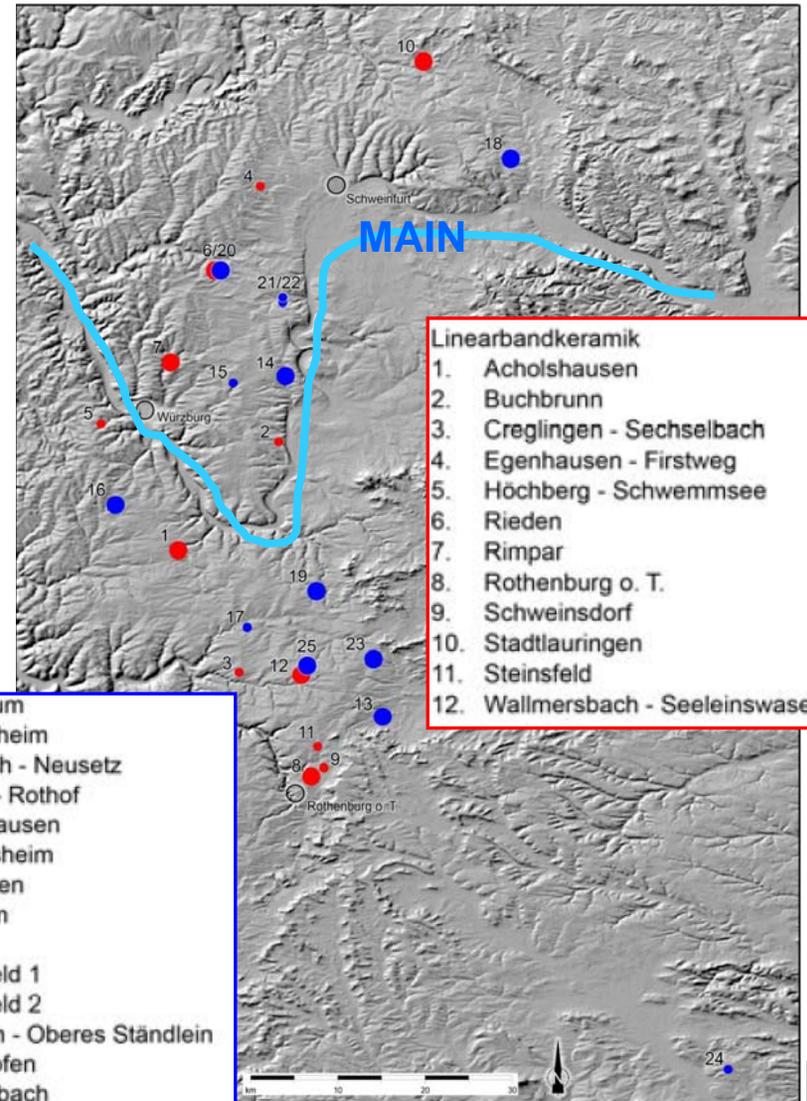
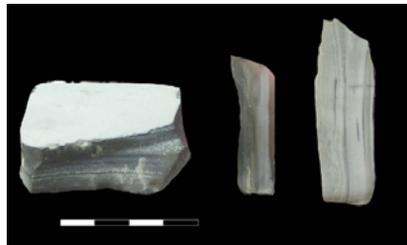


5. Beispiel: Neolithisches Silexrohmaterial

Neol. Silexinv. W.-Franken (SCHARL 2007, Abb. 1)

5.4. Fazit für Rohmaterial-Beispiel

- „altbekannte“ Charakteristika werden erfasst
=> Methoden-Evaluation erfolgreich !
- Vermutung zur regionalen Aufteilung bestätigt
- zahlreiche Details (nur in Ausschnitten dargestellt)
- hier: Indikatoren *sensu Leitfossil*
(Gruppierung rohmaterialunabhängig)



6. Aussagen

„Was wollte ich eigentlich sagen:....“

- 1) Indikator-Typen-Analyse sind je nach Ausgangslage
eine vielversprechende Methodik (Gruppierung Typen-unabhängig)
eine sinnvolle objektiv beschreibende Ergänzung (Gr. Typen-abhängig)
- 2) Indikatoren-Analysen sind für allgemeine Fragestellungen
vielseitig verwendbar.
- 3) Kombinations-basierte Ansätze erschließen neues Konzept.
- 4) R-Verwendung garantiert eindeutige Nachvollziehbarkeit.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Georg Roth groth@uni-koeln.de

<http://CRAN.R-project.org/package=indi cspeci es>

Abendlicher Blick Dezember 2013 vom
Cairo Tower Richtung Giza-Pyramiden

Literatur: Indikator-Typen-Analysen

- M. DE CACERES/P. LEGENDRE, Associations between species and groups of sites: Indices and statistical inference. *Ecology* 90, 2009, 3566–3574.
- M. DE CACERES/P. LEGENDRE/M. MORETTI, Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119, 2010, 1674–1684.
- M. DE CACERES/P. LEGENDRE/S. WISER/L. BROTONS, Using species combinations in indicator value analyses. *Methods in Ecology and Evolution* 3, 2012, 973–982.
- M. DE CACERES/FL. JANSEN, indicpecies: Studying the statistical relationship between species and groups of sites. R package version 1.6.7 (14-01-2013). [<http://CRAN.R-project.org/package=indicpecies>]
- M. DUFRENE/P. LEGENDRE, Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67, 1997, 345–366.
- P. LEGENDRE, Indicator Species: Computation. In: S. Levin (ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* Vol. 4 (2nd ed. 2013), 264-268.
- R CORE TEAM, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (version 2.15.3.: 01-03-2013). <ISBN 3-900051-07-0> [<http://www.R-project.org>].

4. Methodik

4.2. Methodik: Phi-Koeffizient für Anzahlen

$$r_{pb}^g = \frac{N \times \overset{\text{A1}}{a_p^g} - \overset{\text{A2}}{a^g} \times N_p^g}{\sqrt{(N \times l^g - a^g) \times (N \times N_p^g - N_p^{g2})}}$$

A1 und A2 in Formel verändert

B1 und B2 in Formel aufgelöst

Maximalwertstandardisiert

Beobachtet – Erwartet

Schwankungsbreite

In Abwandlung auch für Präsenz
Absenz-Daten („echtes Phi“)

**Phi-Wert misst bevorzugtes/vermiedenes Auftreten eines Typs in Gruppen
(in Unterschied zu Gleichverteilung über alle Gruppen)**

[r_{pb}^g ; g=gruppengrößen-korrigiert, pb = Punkt-biserialer-Korrelationskoeffizient]

(A2), Anzahl in Zielgruppe (A1) minus erwartete Anzahl (bei Gleichverteilung/Zufall) als Bruchteil der Streuung bei Zufall (B1) und des theoret. Maximalwerts (B2)

Phi zwischen: - 1 = Vermeidung und + 1 = Präferenz

- Absenzen außerhalb Zielgruppe erhöhen Wert ebenso wie Präsenzen innerhalb Z-Gr.
- Ausgangspunkt ist Gleichverteilung über alle Gruppen (Abweichung von Durchlaufem)
- **Erweiterungen Typen- und Gruppenkombinationen ebenfalls möglich**

4. Methodik

4.3. Vergleich: IndVal / Phi (r_{pb})

Phi-Wert

Maß für von Gleichverteilung abweichendem Auftreten eines Typs

Abweichendes Auftreten eines Typs in einer Gruppe im Vergleich mit zu allen anderen Gruppen

Indikatorwert

Maß für Entsprechung von Typauftreten und Gruppenzugehörigkeit

Wieweit entsprechen Zielgruppenfälle den Fällen mit Typauftreten ?

Oft ergeben beide Ansätze ähnliches Bild, aber Deutung muss sich unterscheiden je danach, welche Methode verwendet wurde.

5. Beispiel 1: Neolithisches Silexrohmaterial

5.3.2 Präferenzen / regional

„bevorzugt auftretendes Rohmaterial für ...“

Rohmaterialvorkommen (SCHARL 2007, Abb. 14)

(alle Silex-Fotos: SCHARL 2007)

Phi -Koeffi zi ent Mai n l i . /re.

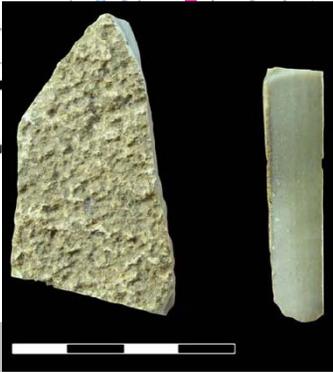
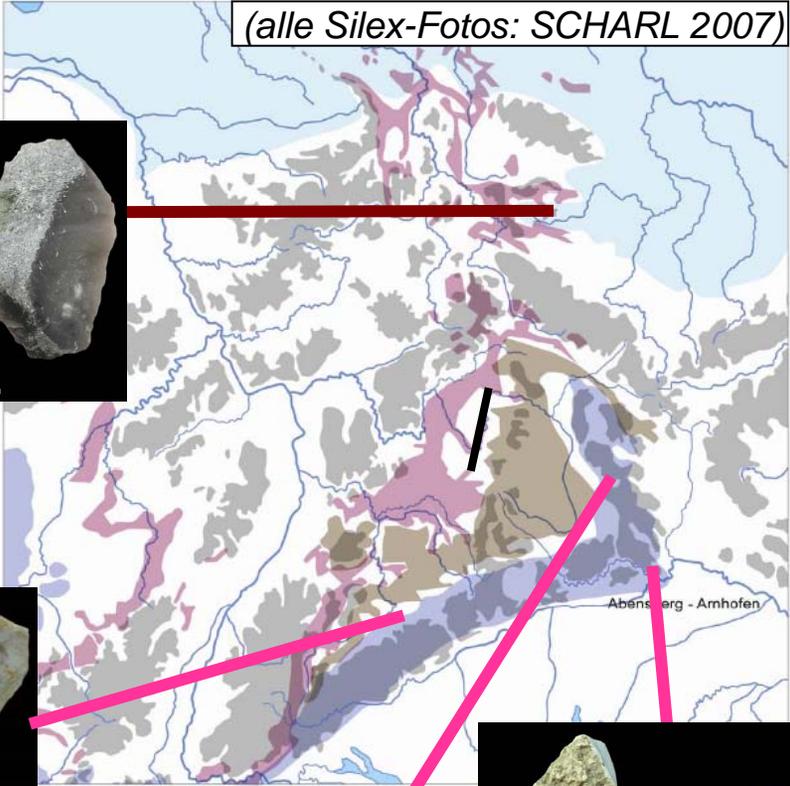
Multilevel pattern analysis

Association function: r.g
 Significance level (alpha): 0.05
 Total number of species: 26
 Selected number of species: 6
 Number of species associated to 1 group: 6

| Group | linksmain | #sps. | 5 |
|-------|-----------|----------|---|
| | stat | p. value | |
| JUR | 0.404 | 0.047 * | █ |
| WIT | 0.382 | 0.047 * | |
| IN2 | 0.376 | 0.045 * | |
| BAI | 0.346 | 0.035 * | █ |
| GAI | 0.332 | 0.018 * | |

| Group | rechtsmain | #sps. | 1 |
|-------|------------|----------|---|
| | stat | p. value | |
| BAL | 0.422 | 0.027 * | █ |

Nicht Indikator-tauglich !



ad 5. Beispiel 1: Neolithisches Silexrohmaterial

Neolithische Silexinventare W.-Franken (SCHARL 2007)

| Fundstelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Gesamt |
|---|------------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| Rohmaterialtyp | | | | | | | | | | | | | |
| Arnhoferer Hornstein | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 16 | 2 | 13 | 2 | 6 | 4 | 8 | 71 |
| Muschelkalkhornstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 9 |
| Kieselschiefer | 29 | 20 | 1 | 0 | 3 | 4 | 15 | 0 | 1 | 15 | 1 | 0 | 89 |
| unbestimmt | 36 | 2 | 6 | 0 | 8 | 10 | 24 | 41 | 12 | 35 | 25 | 29 | 228 |
| Buxheimer Hornstein | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 6 | 4 | 0 | 0 | 13 | 35 |
| Inching-Osterberg I | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| Baltischer Feuerstein | 26 | 1 | 10 | 0 | 3 | 61 | 122 | 7 | 5 | 85 | 4 | 8 | 332 |
| Keuperhornstein | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9 |
| Gaimersheimer Hornstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 1 | 3 | 11 |
| Tertiärquarzit | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 10 |
| Jurahornstein allgemein | 109 | 21 | 21 | 0 | 23 | 31 | 46 | 74 | 38 | 25 | 26 | 82 | 496 |
| hellgrau "Belgischer" Feuerstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Inching-Osterberg II | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 13 | 26 |
| Baiersdorfer Hornstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Rullen-Feuerstein | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Rijckholt-Feuerstein | 11 | 8 | 7 | 3 | 10 | 34 | 117 | 3 | 0 | 24 | 0 | 4 | 221 |
| Flint (Art?) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Wittlinger Hornstein | 4 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 5 | 14 | 4 | 0 | 4 | 9 | 46 |
| Milchquarz | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Buntsandsteinkarneol | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| lokales Rohmaterial aus Keuper/Muschelkalkschichten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 6 |
| Bohnerzjaspis | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Gesamt | 248 | 59 | 52 | 3 | 54 | 169 | 347 | 166 | 69 | 209 | 69 | 169 | 1.614 |

Tab. 4 Bandkeramische Fundstellen. Anzahl der Silices pro Fundstelle.

| Fundstelle | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | Gesamt |
|---|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| Rohmaterialtyp | | | | | | | | | | | | | | |
| Arnhoferer Hornstein | 38 | 74 | 52 | 42 | 25 | 231 | 255 | 94 | 11 | 16 | 127 | 4 | 101 | 1.070 |
| Muschelkalkhornstein | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 |
| Kieselschiefer | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 26 | 17 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 |
| Chalzedon | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| unbestimmt | 25 | 9 | 6 | 8 | 3 | 112 | 85 | 10 | 3 | 6 | 44 | 3 | 16 | 330 |
| Buxheimer Hornstein | 24 | 10 | 0 | 2 | 14 | 32 | 43 | 1 | 0 | 0 | 48 | 15 | 49 | 238 |
| Inching-Osterberg I | 5 | 2 | 0 | 4 | 1 | 9 | 40 | 0 | 5 | 1 | 10 | 0 | 31 | 108 |
| Baltischer Feuerstein | 11 | 15 | 3 | 21 | 6 | 114 | 28 | 17 | 12 | 16 | 11 | 1 | 11 | 266 |
| Keuperhornstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| Gaimersheimer Hornstein | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 33 | 2 | 0 | 0 | 4 | 1 | 8 | 56 |
| Tertiärquarzit | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| Jurahornstein allgemein | 38 | 12 | 9 | 15 | 19 | 79 | 51 | 19 | 15 | 6 | 63 | 18 | 63 | 407 |
| Bergkristall | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| hellgrau "Belgischer" Feuerstein | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Inching-Osterberg II | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 1 | 0 | 20 |
| Baiersdorfer Hornstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 10 |
| Rullen-Feuerstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 19 |
| Geschiefefeuferstein/Sachsen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Rijckholt-Feuerstein | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 13 |
| Ortenburger Hornstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 6 |
| Wittlinger Hornstein | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 12 |
| Lengfelder Hornstein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Milchquarz | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 15 |
| Buntsandsteinkarneol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| lokales Rohmaterial aus Keuper/Muschelkalkschichten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| Gesamt | 152 | 127 | 70 | 100 | 76 | 669 | 599 | 159 | 47 | 49 | 329 | 44 | 293 | 2.714 |

Tab. 5 Mittelneolithische Fundstellen. Anzahl der Silices pro Fundstelle.

ad 5. Beispiel 1: Neolithisches Silexrohmaterial

| Werkzeugtyp / tool types | Kindermann Nr. | 98/20-3, 98/20-Cl. 2 | 90/1-2 | | | | | 90/1-10 | | | | | 98/5 | | | | | 00/70-Cl. 1 | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------------------------|-------------|--------|----------------|------------------------|------------------|---------|---------|------------------------|---------|-----------------------|------------|--------------------------|------------|-------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------|---------|--|
| | | | 00/68-Cl. 1 | 90/1-4 | 98/20-Cl. 3 | 90/1-Cl. 7, 90/1-19 | 90/1-15 | 90/1-6 | 90/1-13 | 90/1-1 | 00/90 | 90/1-Cl. 5, 90/1-8 | 90/1-Cl. 2 | 00/68-Cl. 2 | 98/4-Cl. 1 | 00/63 | 98/20-Cl. 1, 98/20-1, 98/20-6 | 00/70-Cl. 1 | | | | |
| Arrowhead | 1 | - | 3,1 | 11,1 | 18,2 | 58,8 | 39,7 | 17,7 | 19,0 | 5,8 | 13,9 | 6,9 | - | 32,7 | 16,5 | 21,3 | 28,0 | 1,6 | 13,9 | 14,9 | 12,8 | |
| Notched piece | 2 | - | 15,3 | - | 4,6 | - | 0,4 | 3,7 | - | - | 2,3 | 5,1 | - | - | - | - | - | 2,9 | 2,8 | 0,6 | 5,1 | |
| Denticulated piece | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | - | - | - | 2,7 | - | 2,0 | - | - | - | |
| Strangulated piece | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,2 | - | - | - | |
| Truncated piece | 5 | - | 0,6 | - | - | - | - | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,2 | - | - | - | |
| End scraper | 6 | - | 1,8 | - | - | - | 0,8 | 1,5 | - | 5,8 | 1,9 | - | - | - | - | - | - | 0,2 | - | - | - | |
| Burin | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,9 | - | - | - | 0,7 | - | 1,2 | - | |
| Perforator | 8 | - | 1,2 | 16,7 | - | - | 7,1 | 2,2 | 1,0 | - | 2,7 | 1,7 | - | 5,8 | 1,0 | 13,3 | - | 1,8 | 5,6 | 3,6 | 5,1 | |
| Mèche de foret | 9 | - | 0,6 | 61,1 | 4,6 | - | 14,2 | 1,5 | - | - | 0,8 | 0,6 | 5,9 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 4,0 | 0,2 | - | - | - | |
| Scaled piece | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Bifacial drill | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Side scraper | 14 | - | 3,1 | 11,1 | 4,6 | 23,5 | 6,0 | 1,5 | 3,0 | 13,5 | 2,7 | 2,9 | 47,1 | 9,6 | 8,7 | 14,7 | 4,0 | 5,8 | 25,0 | 21,4 | 5,1 | |
| Side-blow flake | 15 | - | - | - | - | - | - | 0,7 | - | 5,8 | - | - | - | - | 1,9 | 8,0 | 8,0 | 0,9 | 5,6 | 8,9 | 20,5 | |
| Knife/foliate | 16 | - | - | - | 4,6 | 5,9 | 15,7 | 1,5 | 14,0 | 3,8 | 5,8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Bifacial sickle | 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 11,8 | 32,7 | 39,8 | 10,7 | 32,0 | 8,7 | 27,8 | 20,8 | 7,7 | |
| Plane/axe | 18/19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | - | 7,7 | 20,4 | 9,3 | 16,0 | 3,3 | 13,9 | 11,3 | 30,8 | |
| Backed piece | 24 | 95,2 | 1,2 | - | 22,8 | - | 6,4 ² | 4,4 | - | - | 2,3 | - | - | - | 1,0 | - | - | 2,0 ⁶ | - | - | - | |
| Semi-abrupt retouch | 25 | 4,8 | 42,3 | - | 18,2 | 11,8 | 6,7 | 36,8 | 42,0 | 51,9 | 38,6 | 42,9 | 11,8 | 3,8 | 2,9 | 1,3 | - | 10,7 | 2,8 | 8,9 | 7,7 | |
| Flat invasive retouch | 26 | - | - | - | - | - | - | 9,6 | 7,0 | 13,5 | 15,4 | - | 23,5 | - | - | - | - | 23,3 | - | - | - | |
| Facial retouch | 27 | - | 19,0 | - | 18,2 | - | 0,8 | 5,1 | 7,0 | - | 3,9 | 19,4 | - | 1,9 | 1,0 | - | 4,0 | 4,2 | 2,8 | 3,6 | - | |
| Roughout | 28 | - | - | - | 4,6 | - | 1,9 | 0,7 | 2,0 | - | 4,3 | - | - | 1,9 | - | 10,7 | - | 5,3 | - | 1,8 | - | |
| Use retouch | 29 | - | 11,7 | - | - | - | 0,4 | 11,8 | 5,0 | - | 4,6 | 16,6 | - | - | - | - | - | 25,3 | - | 0,6 | - | |
| Facial/flat retouch | - | - | 21,5 | - | 27,3 | 17,7 | 35,6 | 17,7 | 42,0 | 23,1 | 32,8 | 25,7 | 41,2 | 78,9 | 82,5 | 41,3 | 84,0 | 41,1 | 69,4 | 48,8 | 53,8 | |
| N Werkzeuge | 21 | - | 163 | 18 | 22 | 17 | 267 | 136 | 100 | 52 | 259 | 175 | 17 | 52 | 103 | 75 | 25 | 450 | 36 | 168 | 39 | |
| Grinding stone | - | - | - | - | - | 2 | 7 | 1 | 2 | 1 | 1 | - | 2 | - | - | 21 | 8 | 48 | 7 | 29 | 38 | |
| Palette | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | - | 1 | - | |
| Stone ring | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | |
| „Tethering stone“ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| Djara-Phase | Epipal. | (Early) | A | A | A ¹ | A | (Late) | (Late) | Early | Early | Early | Early | Early | Late | Late | Late | Late | Late | Late | Late | Late | |
| | | A | | | | | A | A | B | B | B | B | B | B ⁴ | B | B | B | B | B | B | B | |
| ¹⁴ C-Daten bp | (7500±60) | 7588±80 | (7900±40) | | | 7030±40 | 7040±50 | | 6885±30 | (7913±45) ³ | 6713±75 | 6786±50 | | (7260 ± 80) ⁵ | 6597±40 | | | | 6430±50 ⁷ | | 6365±30 | |
| | | 7421±75 | | | | | | | | 6900±50 | | 6753±55 | | 6959 ± 45 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 6696±95 | | 6685±90 | | 6406 ± 105 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 6448±70 | | | | | | | | | | |

(KINDERMANN 2009, Tab.6)