



UDO KRENZER

MORPHOMETRISCHE ANALYSE NEANDERTHALIDER UND MODERNER MANDIBELN

ABSTRACT: *Mandibular features of Neanderthals and modern humans are compared using photographs in norma lateralis. Digitised datas were analysed by quantitative uni- and multivariate statistics and show for both groups specific mandibular traits. The results of the European and Near East sample do not prove a gradual change or diachronic trend in the lower jaw morphology from Neanderthals towards modern humans and can therefore not support the model of multiregional evolution.*

KEY WORDS: *Morphometrie – Digitalisierung – Neanderthaler – Anatomisch moderner Mensch*

ZUSAMMENFASSUNG

In der Studie werden Neanderthaler mit anatomisch modernen Menschen anhand quantitativer mandibulärer Merkmale verglichen. Als Datengrundlage dienen Fotografien in Lateralansicht, die digitalisiert und sowohl uni- als auch multivariat statistisch analysiert werden. Beide Gruppen weisen spezifische Unterkiefercharakteristika auf; Merkmalskontinuitäten konnten nicht festgestellt werden. Ein gradueller Wandel der europäischen und Nah-Ost-Populationen zum anatomisch modernen Menschen scheint aufgrund dieser Ergebnisse unwahrscheinlich.

EINLEITUNG

Neanderthaler repräsentieren die am längsten bekannte fossile Art des Menschen, von denen Überreste von mehr als 300 Individuen geborgen werden konnten. Das Skelett aus der Kleinen Feldhofer Grotte bei Düsseldorf sorgt seit seiner Entdeckung im Jahre 1856 für wissenschaftliche

Debatten um den Prozeß der Menschwerdung, auch nachdem zu Beginn dieses Jahres weitere Fragmente aus dem Höhlenschatz geborgen werden konnten. Von seinem Entdecker Fuhlrott und dem Anatomen Schaaffhausen wurde der Fund als fossile Menschenform interpretiert; Virchow hingegen sah in den Überresten pathologische Veränderungen eines rezenten Menschen. 1864 wurde der Fund als *Homo neanderthalensis* (King) klassifiziert, eine taxonomische Einordnung, die nach den Kontroversen über die Herkunft des anatomisch modernen Menschen durch die genetischen Befunde der mtDNA-Analysen wieder an Aktualität gewinnt (S. Krings *et al.* 1997). Demnach werden Neandertaler nicht als fossile Unterart unserer eigenen Spezies als *Homo sapiens neanderthalensis* angesehen, sondern als eigenständige Stammbaum-Linie, die nachkommenlos ausgestorben ist.

Wilsons' und Canns' "Eva-" oder "lucky mother"-Hypothese (1992), die auf Untersuchungsergebnissen von maternaler mitochondrialer DNA rezenter Individuen basiert, schließt den Neanderthaler als direkten "Vorläufer" des *Homo sapiens* aus. Die Wiege der modernen Menschen plazieren sie vor etwa 200.000 Jahren in Afrika. Von dort

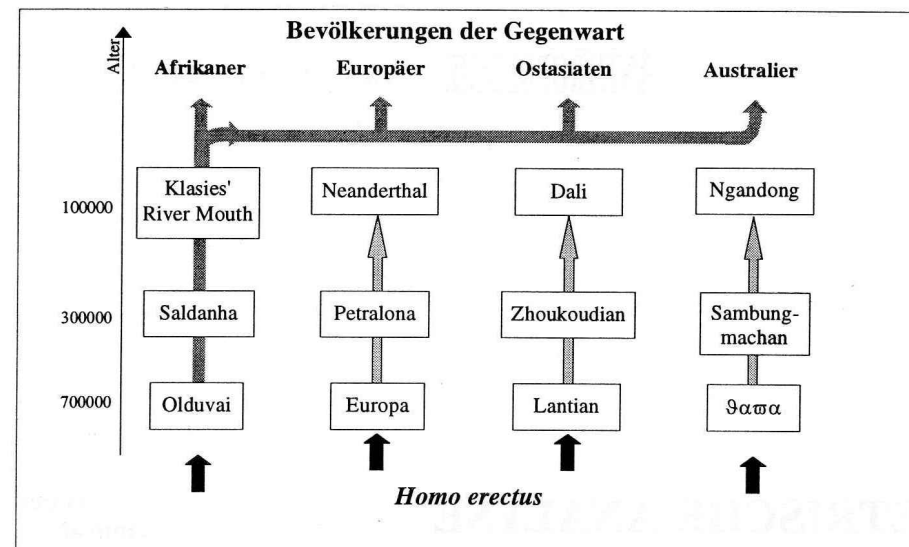


ABBILDUNG 1a. Out-of-Africa-Modell (umgezeichnet n. Stringer 1991).

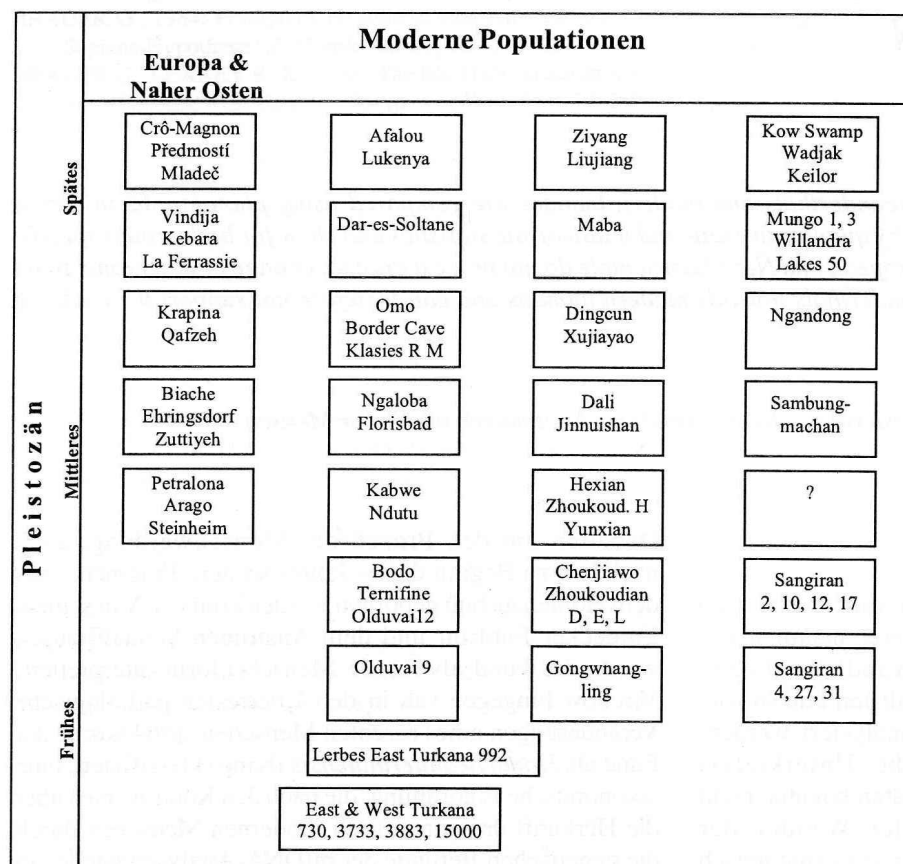


ABBILDUNG 1b. Multiregionales Evolutionsmodell (umgezeichnet n. Thorne, Wolpoff 1992).

ABBILDUNG 2. Verbreitungsgebiet der Neanderthaler.

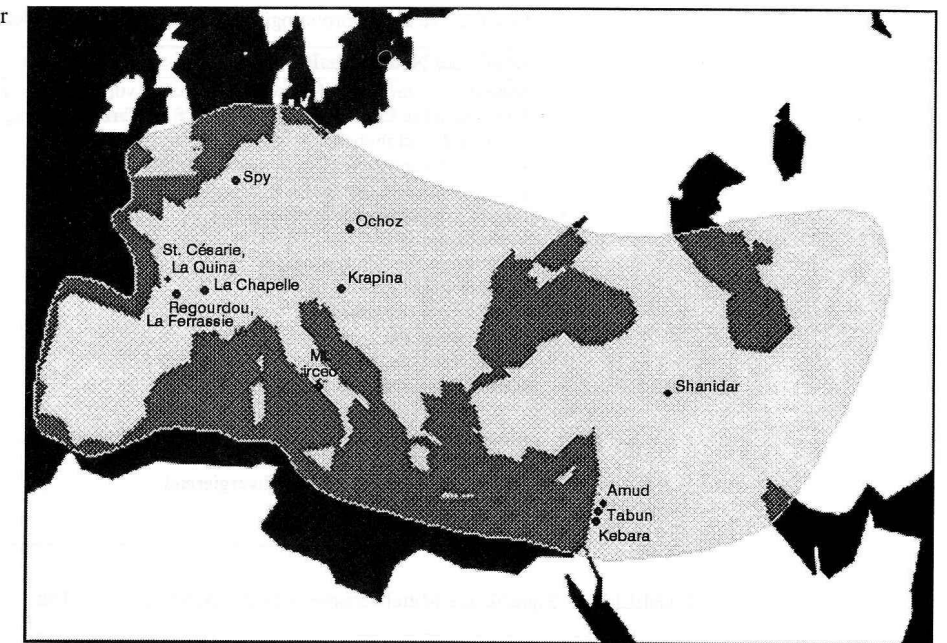


TABELLE 1. Untersuchte Mandibeln.

Neanderthaler		anatomisch Moderne	
Belgien	Spy	Frankreich	Chancelade, Combe Capelle,
Frankreich	La Chapelle-aux-Saints, La Ferrassie, La Quina, Regourdou, St. Césaire		Cro-Magnon, Malaurie, Moulin, Solutré
Italien	Monte Circeo	BRD	Oberkassel
Tschech. Rep.	Ochoz	Italien	Grimaldi
Kroatien	Krapina	Tschech. Rep.	Brno, Dolní Věstonice, Pavlov, Předmostí
Israel	Amud, Tabun, Kebara	Jordanien	Ohalo
Irak	Shanidar	Israel	Fallah, Mallaha
		Iran	Hotu Cave

Für die Möglichkeit, Abgüsse aus den institutionellen/privaten Sammlungen zu fotografieren, danke ich J.L. Franzen (Frankfurt), H. Meyer (Hannover), H. Rothe (Göttingen), B. Vandermeersch (Bordeaux) sowie U. Wittwer-Backofen (Giessen). Die Anfertigung der Abzüge übernahm C. Lennartz (Mainz).

MATERIAL UND METHODEN

In dieser vergleichend morphologischen Studie werden zunächst Neanderthaler und moderne Menschen anhand ihrer mandibulären Merkmale charakterisiert, differenziert und im Hinblick spezifischer Merkmalskonstellationen die Eigenständigkeit der "Neanderthaler-Linie" durch einen quantitativ-morphologischen Vergleich geprüft.

Um die morphologische Variabilität der neanderthaliden und modernen Mandibeln zu erfassen, wurden standardisierte Fotografien von Abgüssen in Norma lateralis angefertigt. Insgesamt sind 17 Neanderthaler und 19 moderne Individuen (Tabelle 1) ausgewählt und in die Untersuchung einbezogen worden, die aus West- und Mitteleuropa sowie dem Nahen Osten (s. Abbildung 2) stammen. Mit Ausnahme der Krapina-Funde wurden ausschließlich klassische oder späte Neanderthaler untersucht, die zwischen 100.000 und 35.000 Jahren datiert sind. Zur Erfassung der osteomorphometrischen Mandibelstrukturen wurde ein Watanabe Graphtec-

Digitizer verwendet; die digitalisierten xy-Koordinaten wurden durch das Programm "Digital" (Butz 1991) in metrische Variablen wie lineare Distanzmaße sowie Konturlinien des Corpus und Ramus mandibulae transformiert. Zur quantitativen Analyse der Daten wurden uni- und multivariat statistische Verfahren (t-Test, Anova, PCA, DA, Penrose-Cluster) appliziert. Der Formvergleich von Umrißlinien basiert auf Superpositionen.

Da die Fotografien von Abgüssen genommen wurden, impliziert das Procedere Fehlerquellen: die Repliken entsprechen nur im Idealfall den Fossilien und die Fotografie entspricht nicht in jeder Beziehung dem Objekt, weshalb nur die Bildinformation ausgewertet werden kann, bei der Orthogonalität von Meßebe, Filmebene und optischer Achse gewährleistet ist (vgl. Jacobshagen *et al.* 1988). Dies wird durch die Standardisierung von Objektdistanz, Aufnahmetechnik und -materialien erreicht, was einen innersystemischen Vergleich für die vorliegenden Daten ermöglicht. Vorteile dieser Methode gegenüber der klassischen Kraniometrie liegen in der kontaktfreien

aus breitete sich *Homo sapiens* über die Kontinente aus. Das monophyletische "out-of-Africa-Modell" ("Modell eines rezenten afrikanischen Ursprungs ohne Hybridisierung", n. Stinger, Andrews 1988) physischer Anthropologen wurde somit gestützt, während das gradualistische "Modell einer multiregionalen Entwicklung des anatomisch modernen Menschen" (Wolpoff *et al.* 1984) an Bedeutung einbüßte (vgl. Abbildung 1a, 1b). Ob der anatomisch moderne Mensch die Neanderthaler verdrängt

und sich ihre Genpools niemals vermischt haben oder ob die Neanderthaler aufgrund demographischer Parameter ausgestorben sind, gilt es aber weiterhin zu klären (S. Henke, Rothe 1999). In der Levante wurde die Koexistenz von Neanderthalern (Amud, Tabun, Kebara) mit Populationen moderner Menschen (Skhul/Qafzeh) während des Mittelpleistozäns über einen Jahrtausende dauernden Zeitraum nachgewiesen.

TABELLE 2. Kranialmorphologische Merkmale der Neanderthaler.

Merkmale der Neanderthaler	
▪	hohe durchschnittliche Hirnschädelkapazität von ca. 1520cm ³
▪	Hirnschädel in Lateralansicht lang und flach (brotlaibförmig)
▪	Stirn flach und fliehend
▪	kräftiger, flachbogiger Torus supraorbitalis
▪	große, gerundete Orbitae
▪	langes, prognathes Mittelgesicht
▪	Fossa canini fehlt
▪	Apertura piriformis groß und breit
▪	Sinus frontalis groß
▪	Chignon am Hinterhaupt
▪	Torus occipitalis prominent
▪	Fossa inia oberhalb des Torus occipitalis
▪	kleiner Processus mastoideus
▪	Mandibel groß, Symphyse leicht nach distal geneigt
▪	Trigonum mentale fehlt meist
▪	Rami mandibulae nach oben divergierend
▪	breiter, gerundeter Zahnbogen
▪	retromolare Lücke

TABELLE 3. Signifikante Mittelwertunterschiede nach Students' t-Test.

Norma lateralis dexter			
Variablen	Mittelwert Neander/ Moderne	stddev Neander/ Moderne	Signifikanz (bei homogener Varianz)
Kondyle-Caninus*	9,01/ 7,99	0,78/ 0,63	0,031
Gonion-Gnathion	7,22/ 6,37	0,77/ 0,44	0,008
Gonion-Caninus	7,69/ 6,29	0,65/ 0,54	0,000
Mentale-Caninus	2,59/ 1,95	0,22/ 0,30	0,000
Koronoid-Caninus	6,08/ 5,10	0,96/ 0,56	0,017

* bezeichnet den Meßpunkt am Alveolarrand in Höhe des C (median)

Norma lateralis sinister			
Variablen	Mittelwert Neander/ Moderne	stddev Neander/ Moderne	Signifikanz (bei [in] homogener Varianz)
Kondyle-Caninus*	8,85/ 7,97	0,68/ 0,45	0,005
Gonion-Mentale	5,82/ 4,81	0,75/ 0,54	0,001
Gonion-Gnathion	7,18/ 6,38	0,66/ 0,56	0,003
Gonion-Caninus	7,52/ 6,22	0,36/ 0,47	0,000
Mentale-Gnathion	1,64/ 1,80	0,13/ 0,25	0,042
Mentale-Koronoid	6,39/ 5,51	0,31 / 0,42	0,006
Mentale-Incisura**	6,50/ 5,78	0,82/ 0,46	0,028
Mentale-Caninus	2,44/ 1,94	0,39/ 0,29	0,002
Koronoid-Caninus	6,29/ 5,18	0,74/ 0,48	0,003
Corpushöhe Caninus	1,84/ 2,79	0,22/ 0,33	0,002

* bezeichnet den Meßpunkt am Alveolarrand in Höhe des C (median)
** bezeichnet den tiefsten Punkt der Incisura mandibulae

Datenerhebung, den elektronischen Speichermedien und dem Informationsgewinn von Umriß- sowie Flächendaten. Zu den mandibulären Neanderthaler-Charakteristika zählen allgemein der große, robuste Unterkiefer mit breiter, gerundeter Arcade. Die breite Symphyse ist nach distal geneigt, das Foramen mentale groß und unter dem ersten Molaren positioniert, die Rami sind superior divergierend und die Unterkieferwinkel wenig betont. Auffällig ist die retromolare Lücke zwischen dem M₃ und dem aufsteigenden Ramus. In den meisten Fällen ist das Kinn fliehend, bei jungen Formen kann aber der Ansatz eines Positiv-Kinns nicht ausgeschlossen werden. Ebenso wie diese Merkmale zählt Smith auch die

Größendimension der Zähne, deren Abrasionsmuster und das massive neanderthalide Kranium (Tabelle 2) zu Anpassungen an paramastikatorischen Frontzahngebrauch – beispielsweise als Schraubstock oder zur Fellbearbeitung – und formulierte die "teeth-as-tool"-Hypothese (Smith 1983), die ferner durch mikroskopische Zahnschmelz-Analysen, pathologische Befunde der Kiefergelenke und funktionsmorphologische Untersuchungen anderer Autoren (S. Spencer, Demes 1993) untermauert werden konnte (vgl. Henke, Rothe 1994). Die anatomisch modernen Individuen zeichnen sich allgemein durch grazilere, d.h. in der Größendimension reduzierte Mandibeln aus. Davon ist die Verkürzung des

TABELLE 4a. Eigenwerte der Diskriminanzfunktion.

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1a	0,582	100,0	100,0	0,607

Die erste kanonische Diskriminanzfunktion wird in dieser Analyse verwendet.

TABELLE 4b. Wilks' Lambda der Diskriminanzfunktion.

Test der Funktion	Wilks' Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	0,632	2,983	1	0,084

TABELLE 4c. Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten.

Funktion	
1	
ML_C	1,000

TABELLE 4d. Struktur-Matrix.

Funktion	
Variable	1
ML_C	1,000
Corpushöhe M1a	0,695
Corpushöhe P4 a	0,651
Corpushöhe P3 a	0,578
Corpushöhe M2 a	0,548
Corpushöhe M3 a	0,510
GO_GN a	0,486
GO_ML a	0,237
ML_GN a	0,066
GO_INCS a	0,047

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen der Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.
a Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

TABELLE 4e. Fallweise Statistiken.

Fall	Vorher- gesagte Gruppe	Höchste Gruppe			Zweithöchste Gruppe			Diskriminanz- werte Funktion 1
		P(D>d G=g)	P(G=g D=d)	D ² -zum Zentroid	Gruppe	P(G=g D=d)	D ² -zum Zentroid	
Spy1	Neander	0,872	0,828	0,026	2	0,172	3,167	1,420
Regourdou	Neander	0,629	0,890	0,233	2	0,110	4,416	1,742
St. Cesaire	Neander	0,342	0,945	0,903	2	0,055	6,601	2,210
Mt.Circeo	Neander	0,549	0,584	0,359	2	0,416	1,039	0,660
Krapina58	Neander	0,286	0,954	1,139	2	0,046	7,216	2,326
Amud1	Neander	0,988	0,784	0,000	2	0,216	2,574	1,244
Kebara	Neander	0,511	0,561	0,433	2	0,439	0,923	0,601
Tabun1	Neander	0,609	0,618	0,262	2	0,382	1,226	0,747
Tabun2	Neander	0,609	0,895	0,262	2	0,105	4,539	1,771
C. Capelle	Moderne	0,664	0,647	0,189	1	0,353	1,403	0,075
Solutré	Moderne	0,658	0,884	0,196	1	0,116	4,250	-0,803
Oberkassel1	Moderne	0,542	0,580	0,372	1	0,420	1,018	0,250
Grimladi	Moderne	0,168	0,972	1,901	1	0,028	8,985	-1,738
Brno2	Moderne	0,229	0,963	1,448	1	0,037	7,964	-1,563
Brno3	Moderne**	0,781	0,853	0,077	2	0,147	3,597	1,537
Dolní Věsto.3	Moderne	0,556	0,906	0,347	1	0,094	4,875	-0,949
Pavlov1	Moderne	0,910	0,755	0,013	1	0,245	2,268	-0,247
Předmostí1	Moderne	0,857	0,832	0,032	1	0,168	3,235	-0,539
Hotu Cave	Moderne	0,864	0,738	0,029	1	0,262	2,095	-0,188
Fallah	Moderne	0,729	0,679	0,120	1	0,321	1,618	-0,013
Mallaha	Moderne	0,973	0,796	0,001	1	0,204	2,730	-0,393
Ohalo	Moderne	0,277	0,956	1,180	1	0,044	7,317	-1,446

** Falsch klassifizierter Fall

TABELLE 4f. Klassifizierungsergebnisse.

	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit				Gesamt
	Neanderthaler	%	Moderne	%	
Neanderthaler	9	100,0	0	0,0	9
Moderne	1	7,7	12	92,3	13

95,5% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

TABELLE 5a. Eigenwerte der Diskriminanzfunktion.

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1a	4,467	100,0	100,0	0,904

Die erste kanonische Diskriminanzfunktion wird in dieser Analyse verwendet.

TABELLE 5b. Wilks' Lambda der Diskriminanzfunktion.

Test der Funktion(en)	Wilks' Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	0,183	11,891	2	0,003

TABELLE 5c. Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten.

Funktion	
1	
GO_ML	0,870
ML_C	1,188

TABELLE 5d. Struktur-Matrix.

Variable	Funktion 1
ML_C	0,696
Corpushöhe M2a	0,641
Corpushöhe M1a	0,576
Corpushöhe P3a	0,562
Corpushöhe P4a	0,536
Corpushöhe M3a	0,433
Corpushöhe Ca	-0,290
GO_GNa	0,261
ML_Gna	0,254
KD_Gna	0,232
GO_ML	0,198

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen der Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

TABELLE 5e. Fallweise Statistiken.

Fall	Vorhergesagte Gruppe	Höchste Gruppe			Zweithöchste Gruppe			Diskriminanzwerte Funktion 1
		P(D>d G=g)	P(G=g D=d)	D ² -zum Zentroid	Gruppe	P(G=g D=d)	D ² -zum Zentroid	
Spy1	Neander	0,172	0,884	1,863	2	0,116	7,620	1,523
La Chapelle	Modern**	0,045	0,745	4,033	1	0,255	4,482	0,771
La Quina5	Neander	0,321	1,000	0,983	2	0,000	26,183	3,879
Amud	Neander	0,160	0,865	1,978	2	0,135	7,393	1,481
Kebara	Neander	0,330	1,000	0,950	2	0,000	26,011	3,862
Tabun2	Neander	0,678	1,000	0,172	2	0,000	20,612	3,302
Chancelade	Moderne	0,474	0,998	0,512	1	0,002	11,627	-0,522
C. Capelle	Moderne	0,381	0,997	0,768	1	0,003	10,557	-0,361
Solutré	Moderne	0,000	1,000	12,157	1	0,000	57,944	-4,724
Oberkassel2	Moderne	0,406	1,000	0,691	1	0,000	24,566	-2,069
Brno2	Moderne	0,545	1,000	0,366	1	0,000	22,376	-1,843
Brno3	Moderne	0,315	0,995	1,008	1	0,005	9,744	-0,234
Pavlov1	Moderne	0,610	1,000	0,260	1	0,000	21,488	-1,748
Předmostí1	Moderne	0,330	0,995	0,950	1	0,005	9,927	-0,263
Hotu Cave	Moderne	0,261	1,000	1,262	1	0,000	27,547	-2,361
Fallah	Moderne	0,008	1,000	7,081	1	0,000	46,053	-3,899
Mallaha	Moderne	0,364	1,000	0,825	1	0,000	25,336	-2,146

** Falsch klassifizierter Fall

TABELLE 5f. Klassifizierungsergebnisse.

	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit				Gesamt
	Neanderthaler	%	Moderne	%	
Neanderthaler	5	83,3	1	16,7	6
Moderne	0	0,0	11	100,0	11

94,1% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

TABELLE 6a. Erklärte Gesamtvarianz.

Komponente	Anfängliche Eigenwerte			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	5,202	65,021	65,021	3,745	46,808	46,808
2	1,313	16,407	81,429	2,770	34,621	81,429
3	0,982	12,270	93,699			
4	0,369	4,618	98,317			
5	0,08660	1,082	99,400			
6	0,03175	0,397	99,797			
7	0,01168	0,146	99,943			
8	0,00459	0,05737	100,000			

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

TABELLE 6b. Rotierte Komponentenmatrix.

Variable	Komponente	
	1	2
Corpushöhe P3	0,941	
Corpushöhe P4	0,922	
Corpushöhe M1	0,884	
ML_GN	0,783	
Corpushöhe M2	0,702	0,671
GO_GN		0,929
GO_ML		0,919
ML_C		0,543

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse. Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in 3 Iterationen konvergiert.

Corpus besonders betroffen, was sich auch in dem Fehlen der retromolaren Lücke äußert. Als spezifisches Kennzeichen muß jedoch die Ausbildung des knöchernen Kinndreiecks (Mentum) hervorgehoben werden. Die Gonion-Gegend ist betont und das gegenüber Neanderthalern verkleinerte Foramen mentale liegt unterhalb der Prämolaren.

ERGEBNISSE

Nach den metrischen Vergleichen weisen Neanderthaler regelhaft größere Meßwerte auf. Ausnahmen bilden Distanzen, die sich auf die Tiefe der Incisura mandibulae, die Position des Foramen mentale im Verhältnis zum Kinnvorsprung und die Corpushöhe beziehen. Die normalverteilten Daten (Kolmogorov, Smirnov-Test) wurden mittels t-Tests für unabhängige Stichproben und Varianzanalysen auf Mittelwertunterschiede geprüft, wobei die typisch neanderthalide Morphologie – die Robustizität des Corpus und Ramus mandibulae – in beiden Verfahren zu signifikanten Differenzen führt. In *Tabelle 3* sind die signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen für beide Normansichten aufgeführt.

Um die a priori definierten Gruppen optimal zu trennen, wurde das multivariat statistische Verfahren der schrittweisen DA zur Strukturprüfung angewendet: *Tabelle 4a* gibt das Ergebnis des Eigenwertes der Diskriminanz-

funktion für die rechte Lateralansicht, in der 22 Kiefer untersucht wurden, wider: aus dem Wert von 0,582 wird ersichtlich, daß sich die Gruppen nur mäßig voneinander trennen lassen.

Auch die Prüfung der Diskriminanzfunktion mittels Wilks' Lambda führt zu nicht befriedigenden Ergebnissen. Der Wert von 0,632 aus *Tabelle 4b* besagt, daß die Trennkraft der Funktion nicht groß ist. Im nicht signifikanten Chi-Quadrat-Wert von 2,983 wird zum Ausdruck gebracht, daß Gruppenunterschiede nur undeutlich zum tragen kommen. Die Distanz vom Foramen mentale zum Alveolarrand am Caninus weist in dieser Ansicht die größte Trennkraft zwischen den Gruppen auf, weshalb sie in die Diskriminanzfunktion einbezogen wird (*Tabelle 4c, d*). Weitere Variablen gehen nicht in die Diskriminanzfunktion ein. Dennoch läßt sich aus Ergebnissen der *Tabelle 4e* und *f* erkennen, daß die Neanderthaler zu 100% korrekt klassifiziert wurden. Lediglich der jungpaläolithische Fund Brno3 weist bezüglich seines Merkmalsgefüges keine typisch moderne Morphologie auf.

Aus den Daten der linken Normansicht resultieren zuverlässigere Ergebnisse, da der Eigenwert aus *Tabelle 5a* 4,47 beträgt und das Wilks Lambda von 0,183 (*Tabelle 5b*) in der Diskriminanzfunktion signifikante Gruppenunterschiede kennzeichnet: 17 Mandibeln wurden in dieser DA analysiert, in der die Distanzmaße Gonion – Foramen mentale und Foramen mentale – Alveolarrand

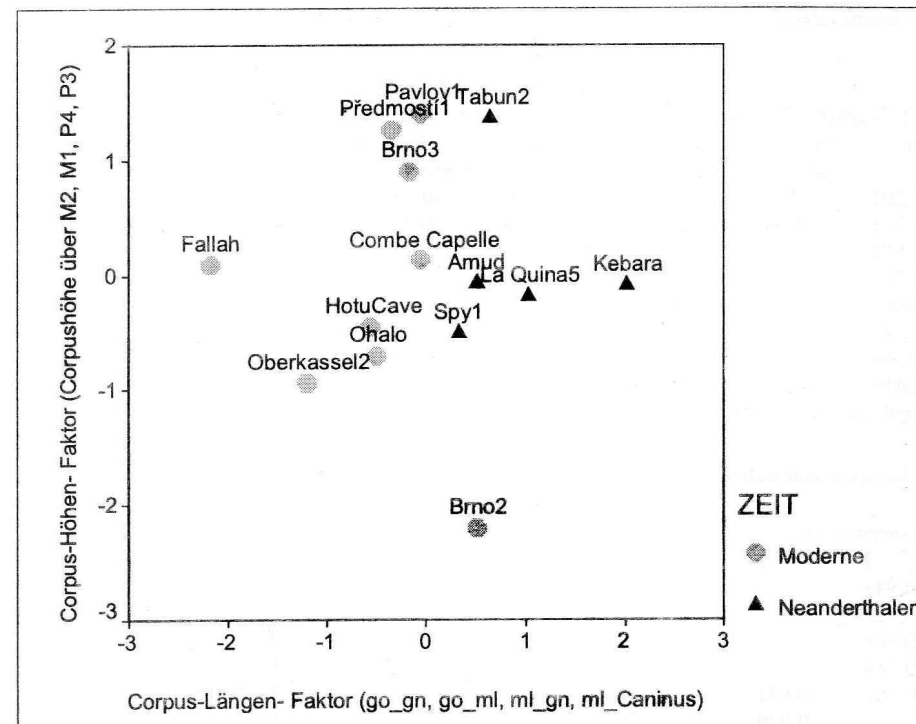


ABBILDUNG 3. Scatterplot der Faktorenwerte.

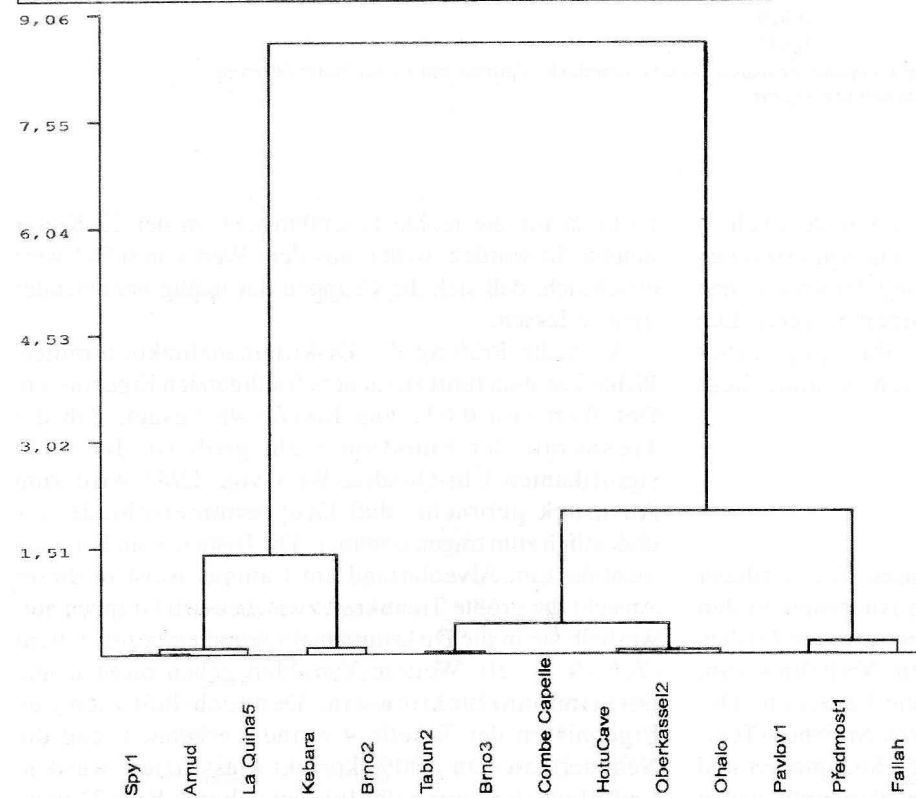


ABBILDUNG 4. Penrose-Formabstand.

des Caninus in die Trennfunktion eingehen, wie *Tabelle 5c* und *d* belegen. Bei der individuellen Zuordnung der Mandibeln (*Tabelle 5e*) fiel lediglich der atrophierte Fund aus La Chapelle-aux-Saints aus dem Pool der robusten, langkiefrigen Neanderthaler. Aus *Tabelle 5f* geht hervor, daß insgesamt 94,1% der Mandibeln korrekt aufgrund ihrer Merkmalsmuster zu den Gruppen zugeordnet werden konnten.

Die PCA unterstreicht die differenzierten morphometrischen Strukturen der zwei Stichproben: Der Variablenzusammenhang wurde mittels des Kaiser-Meyer-Olkin-Kriteriums mit einem Wert von 0,642 ermittelt, der eine reliable und valide Hauptkomponentenanalyse propagiert. Die Daten der linken Seitenansicht wurden auf zwei varimax-rotierte Faktoren reduziert, die nach dem Kaiser-Kriterium extrahiert wurden (*Tabelle 6a*).

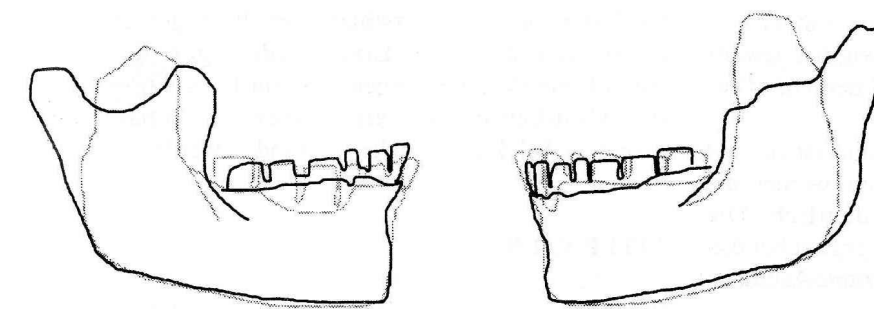


ABBILDUNG 5. Spy1 und Tabun2 / Spy1 und Amud1.

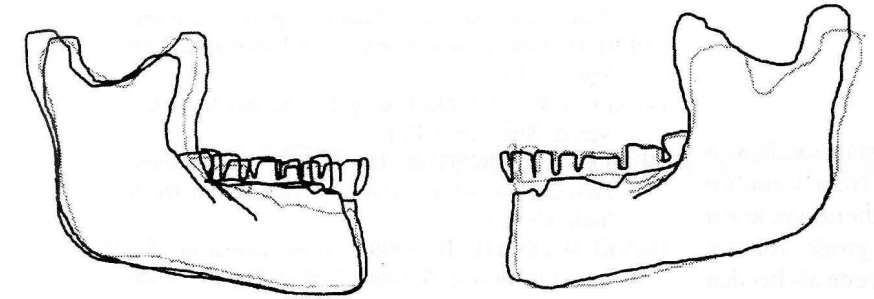


ABBILDUNG 6. Malariae, Pavlov und Ohalo2 / Combe Capelle und Ohalo2.

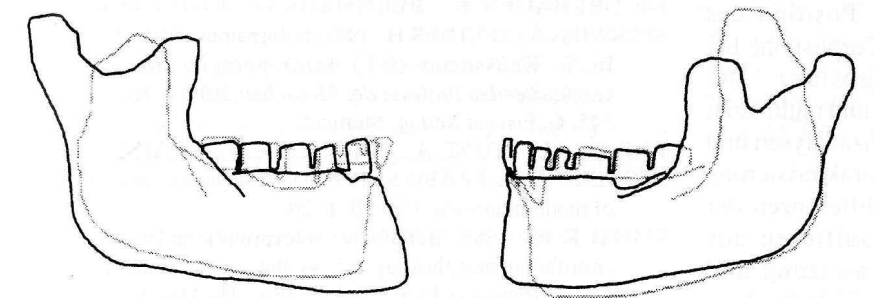


ABBILDUNG 7. Spy1 und Pavlov / Spy1 und Combe Capelle.

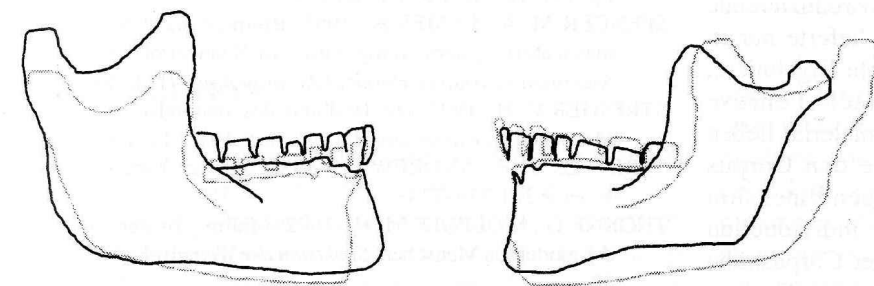


ABBILDUNG 8. Tabun2 / Ohalo2 Tabun2 / Fallah16.

Zusammen erklären sie 81,4% der Gesamtvarianz. *Tabelle 6b* zeigt die Variablen, welche auf dem ersten Faktor hoch laden und die Corpus-Höhe charakterisieren, und die Distanzen, die die Corpus-Länge beschreiben mit hohen Ladungen auf dem zweiten Faktor. Die individuellen Faktorenwerte (*Abbildung 3*) der Neanderthaler weisen auf beiden Faktoren hohe Ausprägungen, während die Werte der Modernen breiter streuen und deutlich schwächer auf dem Längen-Faktor laden. Daten der rechten Lateralansicht liefern ob des geringen Variablenzusammenhangs (Kaiser-Meyer-Olkin von 0,31) keine valide PCA.

Um homogene Gruppen zu bilden, wurden die auf Corpus-Höhen- und -Längen-Faktoren reduzierten Daten von 14 Individuen einer Clusteranalyse unterzogen. Als Proximitätsmaß für metrische Variablen wurde der Penrose-Formabstand zur automatischen Klassifikation gewählt, der

über das hierarchisch agglomerative Ward-Verfahren fusioniert wurde. Das Dendrogramm des Formabstandes ist in *Abbildung 4* festgehalten. Es zeigt zwei Cluster, Neanderthaler und Moderne. Wie schon aus *Abbildung 3* hervorging, nimmt die lange Mandibel Brno2 eine Sonderstellung ein, die in dem Dendrogramm zur Zuordnung in das Neanderthaler-Cluster führt. Demgegenüber wird der Nah-Ost Fund Tabun2 wegen seines Corpus "moderner" klassifiziert und ist im zweiten Cluster positioniert.

Da Formmerkmale wie Konturverläufe im Rahmen transspezifischer Evolutionsfragen wertvollere Aussagen als reine Größenmerkmale zulassen, wurden Umrißlinien der Mandibeln verglichen. Es zeigt sich sowohl in der rechten als auch der linken Lateralansicht, daß trotz der regionalen Variabilität die Neanderthaler (*Abbildung 5*) und

Jungpaläolithiker (Abbildung 6) bzgl. ihrer mandibulären Morphologie homogen sind. Verglichen wurden jeweils Individuen aus Europa mit Funden aus der Nah-Ost-Region.

Legt man, wie in Abbildung 7 und 8, Neanderthaler mit Jungpaläolithikern (solide Linie) zusammen, werden die Unterschiede zwischen den Gruppen deutlich. Die Modernen aus beiden Fundregionen zeigen gegenüber den Neanderthalern ein *Trigonum mentale*, reduzierte Asthöhen sowie eine Grazilisierung der Mandibeln.

DISKUSSION

Aus den quantitativen Bildanalysen in Norma lateralis von Neanderthalern und anatomisch Modernen konnten typische Formkomplexe der Mandibel herausgelesen werden. So sind die Neanderthaler durch große, robuste Unterkiefer gekennzeichnet, kleinere Meßwerte als bei den Modernen resultieren aus typisch neanderthaliden Merkmalen wie der Kinnlosigkeit, der Position des Foramen mentale unter dem M, bzw. der Corpushöhe bei pathologisch atrophierte Knochensubstanz. Die metrischen Unterschiede wurden durch uni- und multivariat statistische Verfahren belegt; t-Tests, Varianzanalysen und Diskriminanzanalysen eignen sich zur Charakterisierung und Trennung der Teilstichproben. Die Differenzen der rechten und linken Lateralansicht resultieren aus unterschiedlicher Stichprobenzusammensetzung und -größe: in der rechten Seitenansicht wurden 35 Individuen untersucht, in der linken 36. Das dimensionsreduzierende Verfahren der Hauptkomponentenanalyse lieferte nur in der linken Seitenansicht valide und reliable Ergebnisse, die in einer Formabstandsanalyse nach Penrose weiterverarbeitet wurden. Aus dem Datenmaterial ließen sich zwei Faktoren extrahieren, welche den Corpus mandibulae in seiner Höhen- und Längendimension charakterisieren. Bei der Zuordnung der individuellen Faktorenwerte liegt Tabun2 aufgrund seiner Corpushöhe in unmittelbarer Nähe der osteuropäischen Jungpaläolithiker von Pavlov, Předmostí und Brno3. Die Mandibel von Kebara weist die größte Corpuslänge der Stichprobe auf, während der jungpaläolithische Fund Brno2 mit seinem flachen Corpus eine Extremposition einnimmt. Diese wird auch im Dendrogramm sichtbar, in dem Brno2 auch wegen seines langen Kiefers in das Cluster der Neanderthaler fällt. Während die anderen neanderthaliden Funde ein homogenes Cluster bilden, liegt Tabun2 aufgrund der extremen Corpushöhe in der Gruppe der Modernen.

Aus den Superpositionen lassen sich ebenfalls die homogenen morphologischen Strukturen der zwei Gruppen ablesen: trotz geographischer Variabilität sind innerhalb der Modernen als auch der Neanderthaler nur geringe Differenzen festzustellen. Vergleicht man die Gruppen miteinander, so ist kein Merkmalskontinuum zu erkennen.

Abschließend kann festgehalten werden, daß kein Befund dieser Untersuchung ein gradualistisches

Evolutionsmodell unterstützt oder die Eigenständigkeit einer Neanderthaler-Linie widerlegen kann. Die signifikanten Veränderungen im Form-Funktions-Komplex des Mastikationsapparats müssen als Anpassung an neuartige Selektionsdrücke verstanden werden.

LITERATUR

- BUTZ D., 1991: *Digital*. Institut für Anthropologie, Johannes Gutenberg-Universität Mainz (unpublished manuscript).
- EBERL U., 1998: Provokation aus dem Labor. *Bild der Wissenschaft* 3'98: 53–55.
- GIESELER W., 1974: *Die Fossilgeschichte des Menschen*. G. Fischer Verlag, Stuttgart. 357pp.
- HENKE W., ROTHE H., 1994: *Einführung in die Paläoanthropologie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 699 pp.
- HENKE W., ROTHE H., 1999: *Stammesgeschichte des Menschen. Eine Einführung*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 347 pp.
- JACOBSSHAGEN B., BERGHAUS G., KNUSSMANN R., SPERWIEN A., ZELTNER H., 1988: Fotogrammetrische Methoden. In: R. Knussmann (Ed.) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Bd I, 1. Teil. Pp. 328–345. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRINGS M., STONE A., SCHMITZ R.W., KRAINITZKI H., STONEKING M., PÄÄBO S., 1997: DNA sequences and the origin of modern humans. *Cell* 90: 1–20.
- SMITH F. H., 1983: Behavioral interpretations of changes in cranifacial morphology across the archaic/modern *Homo sapiens* transition. In: E. Trinkaus (Ed.) *The Mousterian legacy*. Pp. 141–163. B.A.R. Int. Ser. 164.
- SPENCER M. A., DEMES B., 1993: Biomechanical Analysis of masticatory system configuration in Neandertals and Inuits. *American Journal of Physical Anthropology* 91: 1–20.
- STRINGER C. B., 1991: Die Herkunft des anatomisch modernen Menschen. *Spektrum der Wissenschaft* 2'91: 112–120.
- STRINGER C. B., ANDREWS P., 1988: Modern human origins. *Science* 241: 773–774.
- THORNE G., WOLPOFF M. H., 1992: Multiregionaler Ursprung der modernen Menschen. *Spektrum der Wissenschaft* 6'92: 80–87.
- TRINKAUS E., HOWELLS W. W., 1979: The Neanderthals. *Scientific American* 241: 122–133.
- WILSON A. C., CANN R. L., 1992: Afrikanischer Ursprung des modernen Menschen. *Spektrum der Wissenschaft* 6'92: 72–79.
- WOLPOFF M. H., WU X. Z., THORNE A. G., 1984: Modern *Homo sapiens* origins: a general theory of hominid evolution involving the fossil evidence from East Asia. In F. H. Smith, F. Spencer (Eds.) *The origins of Modern Humans*. Pp. 411–483. A.R. Liss, New York.

Udo Krenzer
Institut für Anthropologie
Johannes Gutenberg-Universität, Mainz
Saarstr. 21
D – 55099 Mainz
Tel: 06131 / 393179
Fax: 06131 / 393799
Email: krenzer@mail.uni-mainz.de