

Ann. Naturhist. Mus. Wien	82	759—767	Wien, Juni 1979
---------------------------	----	---------	-----------------

Aus dem Institut für Medizinische Physik der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Gertrud KECK

und dem

Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Wien

Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Wilhelm HOLCZABEK

Altersbestimmung an den sternalen Gelenksflächen der Schlüsselbeine mit Hilfe der Moiré-Topographie

Von JOHANN SZILVÁSSY, WILHELM HOLLER, GERTRUD KECK,
GERHARD WINDISCHBAUER, ALEXANDER CABAJ und JOSEF JAHN

(Mit 3 Textabbildungen und 1 Tafel)

Manuskript eingelangt am 25. August 1978

Zusammenfassung

Es wird eine Methode zur Altersbestimmung an Skeletten an Hand der sternalen Schlüsselbeingelenksflächen gezeigt. Beurteilt wird die Oberflächenveränderung der Gelenksflächen zwischen dem 18. und 30. Lebensjahr. Zur Quantifizierung und Dokumentation wird die Moiré-Topographie nach TAKASAKI verwendet. Aufgrund der Ergebnisse ist es möglich zu bestimmen, ob ein Mensch zum Zeitpunkt seines Todes jünger als 20 Jahre, zwischen 21 und 25 Jahre alt oder älter als 26 Jahre war.

Summary

A method is shown to estimate the age of a deceased by viewing the sternal articular extremity of the clavicle. The surface shows an age-dependent variation between 18 and 30 years which can be used to define three groups of age: less than 20 years, 21—25 years and more than 26 years. For quantification and documentation of the results the moiré-topography by TAKASAKI is used.

1. Einleitung

In der Anthropologie und in der gerichtlichen Medizin ist die zuverlässige Bestimmung des Lebensalters an Skeletten besonders wichtig.

Zur Diagnose des Lebensalters wurden die Altersveränderungen an der Spongiosastruktur der proximalen Humerus- und Femurepiphysen verwendet. WACHHOLZ (1894), SCHRANZ (1933), BERNDT (1947) und HANSEN (1953—54)

¹⁾ Anschrift der Verfasser: Dir. Dr. Johann SZILVÁSSY, Anthropologische Abteilung des Naturhistorischen Museums in Wien, Burgring 7, A-1014 Wien. — Österreich.

Ass. Arzt. Dr. med. vet. Wilhelm HOLLER, Universitätsklinik für Geburtshunde, Gynäkologie und Andrologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien, Linke Bahngasse 11, A-1030 Wien. — Österreich.

o. Univ.-Prof. Dr. Gertrud KECK, Univ.-Oberassistent Dipl.-Ing. Dr. Gerhard WINDISCHBAUER, Univ.-Assistent Dipl.-Ing. Alexander CABAJ, Dipl.-Ing. Josef JAHN, Institut für Medizinische Physik der Veterinärmedizinischen Universität Wien, Linke Bahngasse 11, A-1030 Wien. — Österreich.

haben Schemata für die altersvariablen Befunde an der proximalen Humerusepiphyse hinsichtlich der Spongiosastruktur, der Ausdehnung der Markhöhlenkuppe und der Höhlenbildung im Tuberculum maius ausgearbeitet. Analoge Schemata über die Altersveränderungen der Spongiosastruktur der proximalen Femurepiphyse hat HANSEN vorgelegt. MERKEL (1927) untersuchte die Altersveränderungen an den Wirbelkörpern, GRAVES (1922) jene an der Scapula, GUSTAFSON und SIMPSON (1953) untersuchten die Altersveränderungen an den Zähnen. Schließlich arbeiteten NEMESKÉRI, HARSÁNYI & ACSÁDI (1960) eine kombinierte Methode zur Bestimmung des Lebensalters an den Skeletten aus. Schwierig ist eine Altersbestimmung besonders bei Menschen zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr, weil sich in diesem Zeitraum Skeletteile wenig ändern. (Fast keine Wachstumsorgänge mehr und noch fast keine Abnutzungerscheinungen). Es zeigte sich aber, daß speziell für dieses Alter Veränderungen an den Schlüsselbeinen für eine Altersbestimmung verwendet werden können.

2. Ältere Beobachtungen an Schlüsselbeinen

Altersveränderungen an Schlüsselbeinen wurden schon von TODD & D'ERRICO (1928) beschrieben. Nach ihren Untersuchungen beginnt die sternale Epiphyse zwischen dem 21. und 22. Lebensjahr zu verknöchern und die Ossifikation ist um das 25. Lebensjahr abgeschlossen. Dieser Vorgang schwankt infolge Retardierung bzw. Akzeleration um nicht mehr als zwei Jahre. Die beiden Autoren konnten weder geschlechtsbedingte Differenzierungen noch rassische Unterschiede zwischen Weißen und Negern feststellen. Nach ihrer Ansicht kommt es auf Grund der Vascularisation zur granulierten Oberfläche. Die Granulation verschwindet nach Beendigung der Wachstumsphase des Individuums. Nach KROGMAN (1962) ist die Ossifikation der Gelenksfläche zwischen dem 25. und 28. Lebensjahr abgeschlossen. Eine ähnliche Ansicht vertritt TANNER (1962), während KNUSSMANN (1968) meint, daß dieser Vorgang bereits mit 24 Jahren abgeschlossen sei. Die bisher umfangreichste Arbeit auf diesem Gebiet stammt von MC KERN & STEWART (1957). Diese beiden Autoren untersuchten den Ossifikationsvorgang von 374 Amerikanern, wobei sie den Zustand des Epiphysenschlusses des linken und rechten Schlüsselbeins getrennt untersuchten und fünf morphologische Stadien beschrieben: no closure — beginning — active — recent — complete closure. Nach ihren Befunden sind bereits mit 23 Jahren die ersten vollständigen Verknöcherungen feststellbar. Mit 31 Jahren sei in 100% der Fälle eine Synostose anzutreffen gewesen.

3. Eigene Untersuchungen nach qualitativen Beobachtungen

Auf Grund der erwähnten Arbeiten und nach eigenem Untersuchungsmaterial wurde versucht, eine Altersbestimmung an Hand der Morphologie der sternalen Schlüsselbeingelenksflächen für das Lebensalter zwischen 18 und

30 Jahren durchzuführen. Die Methode wurde am Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Wien in den Jahren 1973–1976 ausgearbeitet (SZILVÁSSY 1977).

Beurteilt wird die Reliefbildung auf den dem Brustbein zugekehrten Gelenksflächen der Schlüsselbeine (Facies articularis sternalis), die sich vom 18. bis 26. Lebensjahr charakteristisch ändert und so eine Altersbestimmung innerhalb dieses Lebensabschnitts möglich macht. Die Anzahl der Schlüsselbeine, die für die Befunderhebung in der jeweiligen Altersklasse zur Verfügung stand, ist in Tab. 1 zu sehen. Die Schlüsselbeine wurden im Rahmen sanitätspolizeilicher Leichenöffnungen bei Personen zwischen dem 18. und 30. Lebensjahr entnommen. Nach der Mazeration wurde die morphologische Form der Gelenksflächen beobachtet und photographiert.

Tab. 1. Zahl der untersuchten Schlüsselbeine

18 Jahre	5 Individuen
19 Jahre	2 Individuen
20 Jahre	5 Individuen
21 Jahre	9 Individuen
22 Jahre	5 Individuen
23 Jahre	8 Individuen
24 Jahre	6 Individuen
25 Jahre	6 Individuen
26 Jahre	7 Individuen
27 Jahre	5 Individuen
28 Jahre	4 Individuen
29 Jahre	3 Individuen
30 Jahre	5 Individuen

Zur Umgrenzung der morphologischen Stadien diente der Ausprägungsgrad der Wölbung und Kantenbildung und die gegen den Rand der Gelenksfläche zu auftretende Leistenbildung. Dabei lassen sich — rein qualitativ — die Schlüsselbeingelenksflächen in drei morphologische Stadien gliedern:

Morphologisches Stadium I (bis 20 Jahre):

Ausgeprägte Körnelung, Einkerbung und Jochbildung bis ca. 2 mm zum Rand der Gelenksfläche.

Morphologisches Stadium II (21–25 Jahre):

Die Oberfläche der Gelenksfläche ist glatt geworden und zeigt eine scharfe Grenzlinie ca. 1–2 mm vom Rand der Gelenksfläche entfernt.

Morphologisches Stadium III (ab 26 Jahren):

Die Oberfläche ist vollkommen glatt geworden und die Grenzlinie zum Rand der Gelenksfläche hin ist verschwunden.

4. Quantifizierung durch Moiré-Topographie

4.1. Zielsetzung

Der Erfolg dieser Methode zur Altersbestimmung hängt sehr stark von der Übung und Erfahrung des Untersuchers ab. Dazu aber benötigt er eine

größere Sammlung von Vergleichsproben, wie sie uns zur Verfügung steht (Tab. 1). Eine quantitative Charakterisierung der Proben innerhalb bestimmter Altersgruppen würde den Untersucher von derartigen Vergleichsproben unabhängig machen. Diese Quantifizierung durchzuführen war das Ziel der vorliegenden Arbeit.

Hierzu der Grundgedanke: Die Anzahl der Höcker als Ausdruck der Körnelung der Gelenksfläche innerhalb einer „Zählfäche“ wird bestimmt und als Maßzahl für die jeweilige Altersgruppe festgelegt. Die Zuordnung der Maßzahlen zu bestimmten Altersgruppen muß aufgrund des vorhandenen Materials statistisch gesichert werden. Zur Charakterisierung der Oberflächenformen und zur Wahl der „Zählfäche“ setzen wir die Moiré-Topographie ein. Mit diesem Verfahren wird die Gelenksoberfläche mit einem System von Höhenschichtlinien überzogen, sodaß Unebenheiten ab einer bestimmten Höhendifferenz, ähnlich wie bei einer Landkarte, als „Berge“ und „Täler“ sichtbar und somit eindeutig identifizierbar werden.

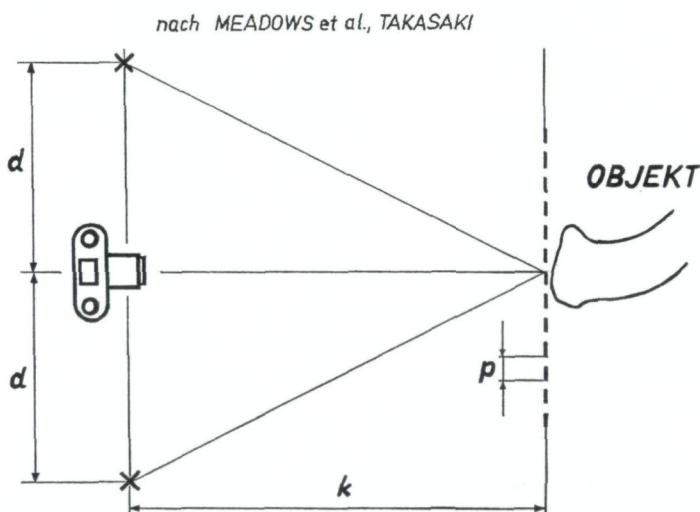


Abb. 1. Prinzipanordnung der Moiré-Topographie

4.2. Prinzip der Moiré-Topographie

Im Jahre 1970 entwickelte TAKASAKI ein Verfahren, bei dem in der photographischen Aufnahme das Objekt mit Höhenschichtlinien überzogen scheint. Er nannte es Moiré-Topographie. Die von ihm angegebene Anordnung ist einfach (Abb. 1). Das Objekt befindet sich hinter einem Strichgitter (ebene Fläche mit einer gleichförmigen Anordnung paralleler, lichtdurchlässiger und lichtundurchlässiger Streifen). Das Objekt wird von zwei punktförmigen Lichtquellen so beleuchtet, daß der Schatten des Gitters auf das Objekt fällt.

Beobachtet oder photographiert man das Objekt durch das Gitter, so ist seine Oberfläche mit hellen und dunklen Linien (Moiré-Figuren) überzogen. Befinden sich Lichtquellen und Beobachtungsort in gleicher Entfernung vom Gitter und liegen sie in einer Ebene, so stellen die Moiré-Figuren Höhenschichtlinien dar. Ihre Höhendifferenz hängt von drei Parametern ab (Abb. 1): der Gitterkonstanten p , der Entfernung d der Lichtquellen vom Projektionszentrum der Abbildung und dem Normalabstand k dieser Strecke von der Gitterebene. Über Methodik und Anwendungen der Moiré-Technik wurde vom Institut für Medizinische Physik der Veterinärmedizinischen Universität Wien in zahlreichen Arbeiten berichtet (WINDISCHBAUER, 1971; KECK et al., 1973; CABAJ et al., 1974; WINDISCHBAUER et al., 1977; BINDER et al., 1977).

4.3. Aufnahmetechnik und Auswertung

Moiré-Topogramme der Gelenksflächen sämtlicher Proben wurden mit einer Anordnung nach Abb. 1 aufgenommen. Folgende besondere Daten sind zu beachten: Das Gitter besteht aus schwarzen Stäben mit einem Durchmesser von 0,09 mm und einer Gitterkonstanten p von 0,25 mm. Um eine schattenfreie Ausleuchtung zu erzielen, wurde das Objekt von zwei Lichtquellen beleuchtet. Die Aufnahmen wurden mit einer Spiegelreflexkamera, deren Eintrittspupille 320 mm von der Gitterebene entfernt war, gemacht. Der Abstand d der beiden Lichtquellen von der Kamera betrug je 320 mm. Die Höhendifferenz h der Höhenschichtlinien ist unter diesen Bedingungen in Gitternähe 0,25 mm. Die sternalen Gelenksflächen wurden so photographiert, daß ihr Rand parallel zur Gitterebene, auf die die Höhenschichtlinien bezogen werden, liegt. Taf. 1 zeigt Moiré-Topogramme von Gelenksflächen.

Als Auswertungskriterium diente die Höckrigkeit der Gelenksoberfläche innerhalb einer von uns willkürlich festgelegten Kreisfläche von 1,5 cm Durchmesser und der Höhenauflösung von 0,25 mm. Die „Zählfäche“ wurde in den Bereich der größten Dichte der Höcker und Gruben gelegt; die Zahl der Höcker wurde ermittelt. Zur bequemeren Auswertung wurde mit zweifacher Vergrößerung gearbeitet.

4.4. Ergebnisse

Die Höckeranzahl der einzelnen Proben als Funktion des Alters zwischen 18 und 30 Jahren ist in Abb. 2 dargestellt.

Sowohl der KRUSKAL-WALLIS-H-Test und auch der MANN-WHITNEY-U-Test ergaben, daß die Unterschiede des von uns gewählten Unterscheidungskriteriums „Höckerzahl innerhalb der Zählfäche“ zwischen den drei Altersgruppen hoch signifikant sind. Die Ergebnisse der statistischen Analyse sind der Tabelle 2 zu entnehmen, ebenso die Mittelwerte und die Streuung der Höckerzahlen innerhalb einer Altersgruppe. Die Methodik erlaubt demnach eine Unterscheidung zwischen den aus qualitativen Beobachtungen vorgeschlagenen Gruppen „bis 20 Jahre“, „21 bis 25 Jahre“, „ab 26 Jahre“.

Die Genauigkeit der Altersbestimmung wird erhöht, wenn man den Mittelwert aus den Maßzahlen der Gelenksflächen des rechten und linken Schlüsselbeines ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit stimmen mit den Untersuchungen anderer Autoren überein.

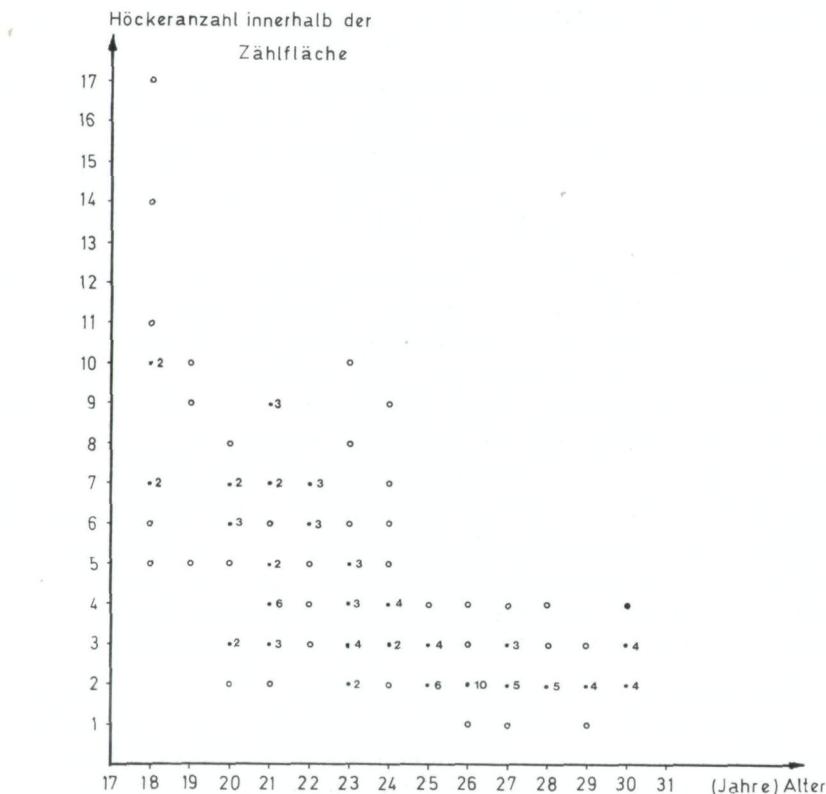


Abb. 2. Höckeranzahl pro Jahr im Säulendiagramm

Tab. 2. Ergebnis der statistischen Auswertung

		Anzahl d. Beobachtungen	Mittelwert d. Höckeranzahl	Standardabweichung	Minimaler Wert	Maximaler Wert
Gruppe 1 (18–20 J.)	li+re	22	7,5	3,6	2	17
	li	11	7,3	4,1	2	17
	re	11	7,6	3,1	3	14
Gruppe 2 (21–25 J.)	li+re	64	4,5	2,1	2	10
	li	31	4,2	1,9	2	9
	re	33	4,8	2,2	2	10
Gruppe 3 (ab 26 J.)	li+re	43	2,3	0,7	1	4
	li	22	2,2	0,6	1	3
	re	21	2,5	0,8	1	4

KRUSKAL-WALLIS-H-Test: Vergleich der Höckeranzahl in den drei Altersgruppen simultan nach Rangzahlen

Irrtumswahrscheinlichkeit

li + re $< 0,01\%$

li $< 0,01\%$

re $< 0,01\%$

MANN-WHITNEY-U-Test: Paarweiser Vergleich von 2 Altersgruppen mittels Rangzahlen

Vergleich von	Irrtumswahrscheinlichkeit		
	li + re	li	re
Gruppe 1 mit Gruppe 2	$< 0,02\%$	$< 1,0\%$	$< 0,5\%$
Gruppe 1 mit Gruppe 3	$< 0,01\%$	$< 0,01\%$	$< 0,01\%$
Gruppe 2 mit Gruppe 3	$< 0,01\%$	$< 0,01\%$	$< 0,01\%$

Die Altersbestimmung aus Schlüsselbeinen von Menschen kann somit aus folgenden Maßzahlen unter Berücksichtigung der Streuung erfolgen:

	Anzahl der Höcker in der Zählfäche	
	Mittelwert	Standardabweichung
bis 20 Jahre	7,5	3,6
21 – 25 Jahre	4,5	2,1
ab 26 Jahre	2,3	0,7

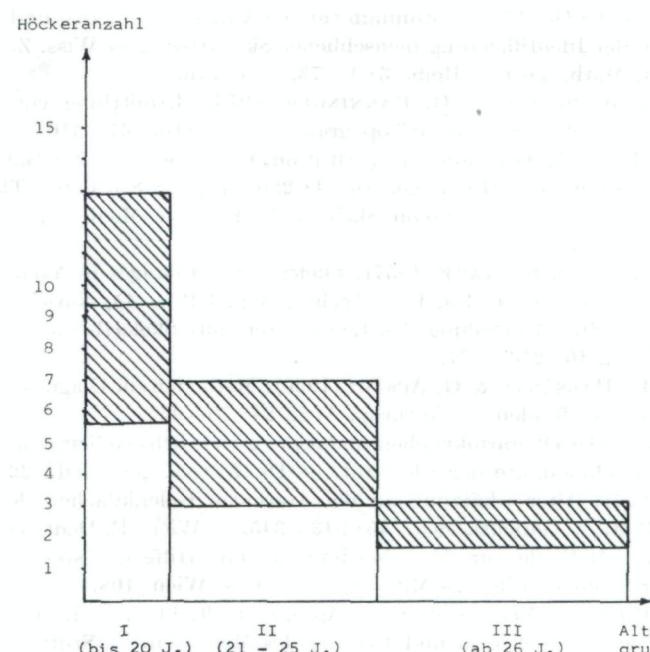


Abb. 3. Mittelwert und Streuung der Höckeranzahl in den drei Altersgruppen

Einzuhalten sind folgende Meßvorschriften:

Das Auflösungsvermögen der verwendeten moiré-topographischen Anlage muß etwa dem unseres Gerätes gleich sein (0,25 mm Höhendifferenz muß aufgelöst werden). Die Zählfäche muß eine Kreisfläche von 1,5 cm Durchmesser sein und in den Bereich der größten Höckrigkeit gelegt werden.

Die angegebenen Maßzahlen können auch dann zur Altersbestimmung herangezogen werden, wenn die Zahl der Höcker innerhalb der Zählfäche mit einer anderen Methode vergleichbarer Genauigkeit bestimmt wird.

Die Vorteile der Moiré-Topographie liegen in der Einfachheit der Methode und in der Eindeutigkeit der Oberflächencharakterisierung.

Literatur

- BERNDT, H. (1947): Entwicklung einer röntgenologischen Altersbestimmung am proximalen Humerusende aus den bisherigen Methoden. — *Z. Ges. Inn. Med.*, **2**: 122—148.
- BINDER, W., A. CABAJ, K. H. KÄRCHER & G. WINDISCHBAUER (1977): Herstellung von Gewebeausgleichsfiltern für große Flächen bei Hodgkin-Bestrahlung mit Hilfe der Moiré-Technik. — *Strahlentherapie*, **153**: 82.
- CABAJ, A., G. RANNINGER & G. WINDISCHBAUER (1974): Shadowless Moiré Topography using a single source of light. — *Appl. Optics*, **13**: 722.
- GRAVES, W. W. (1922): Observations on age changes in the scapula. — *Am. J. Phys. Anthropol.*, **5**: 21—34.
- GUSTAFSON, G. & K. SIMPSON (1953): Dental data in crime investigations. — In: SIMPSON, K. (Edit.): *Modern trends in forensic medicine*, S. 153—167. — London.
- HANSEN, G. (1953—54): Die Altersbestimmung am proximalen Humerus- und Femurende im Rahmen der Identifizierung menschlicher Skelettreste. — *Wiss. Z. Humboldt-Universität, Math.-naturw. Reihe* **3**: 1—73. — Berlin.
- KECK, G., G. WINDISCHBAUER & G. RANNINGER (1973): Ermittlung von Maßzahlen biologischer Objekte mit Moiré-Topographie. — *Optik*, **37**: 310. — Stuttgart.
- KNUSSMANN, R. (1968): Entwicklung, Konstitution, Geschlecht. — In: BECKER, P. E. (Hrsg.): *Handbuch der Humangenetik*, I: 280—437. — Stuttgart (Thieme).
- KROGMANN, W. M. (1962): *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. — Springfield/ Illinois (Thomas).
- MCKERN, T. W. & T. D. STEWART (1957): Skeletal Age Changes in Young American Males. — *Quartermaster Res. Dis., Techn., Rep. EP* — 45, Natick (Mass.).
- MERKEL, H. (1927): Zur Beurteilung des Lebensalters aus Skelettbefunden. — *Dt. Z. Ges. ger. Med.*, **10**: 256—261.
- NEMESKÉRI, J., L. HARSÁNYI & G. ACSÁDI (1960): Methoden zur Diagnose des Lebensalters von Skelettfunden. — *Anthrop. Anz.*, **24**: 70—95.
- SCHRANZ, D. (1933): Der Oberarmknochen und seine gerichtlich-medizinische Bedeutung aus dem Gesichtspunkte der Identität. — *Dt. Z. Ges. ger. Med.*, **22**: 332—361.
- SZILVÁSSY, J. (1977): Altersschätzung an den sternalen Gelenkflächen der Schlüsselbeine. — *Beitr. z. Gerichtl. Med.*, **35**: 343—345. — Wien (F. Deuticke). — (1978): Eine Methode zur Altersbestimmung mit Hilfe der sternalen Gelenkflächen der Schlüsselbeine. — *Mitt. Anthropol. Ges. Wien*, **108**.
- TAKASAKI, A. (1970): Moiré-Topography. — *Appl. Opt.*, **9**: 1467. — Easton.
- TANNER, J. M. (1962): Wachstum und Reifung des Menschen. — Stuttgart (Thieme).
- TODD, T. W. & J. D'ERRICO (1928): The Clavicular Epiphyses. — *Am. J. Anat.*, **41**: 25—50.

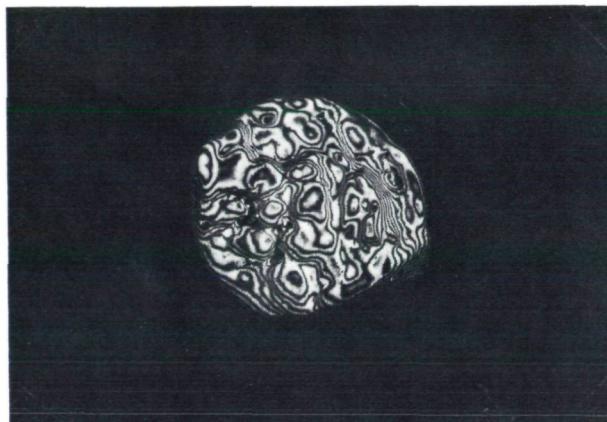
- WACHHOLZ, L. (1894): Über die Altersbestimmung an Leichen auf Grund des Ossifikationsprozesses im oberen Humerusende. — Friedreichs Beitr. ger. Med., **45**: 210—219.
- WINDISCHBAUER, G. (1971): Oberflächenvermessung des menschlichen und tierischen Körpers mit Hilfe von Moiré-Figuren. — Proc. First Eur. Bioph. Congr., **6**: 515. — Baden.
- WINDISCHBAUER, G., G. KECK & A. CABAJ (1977): Moiré-topographische Verfahren in der Medizin: Ein Podometer zur Dokumentierung von krankhaften Fußstellungen. — Orthopädie-Technik, **7**.

Tafelerklärungen

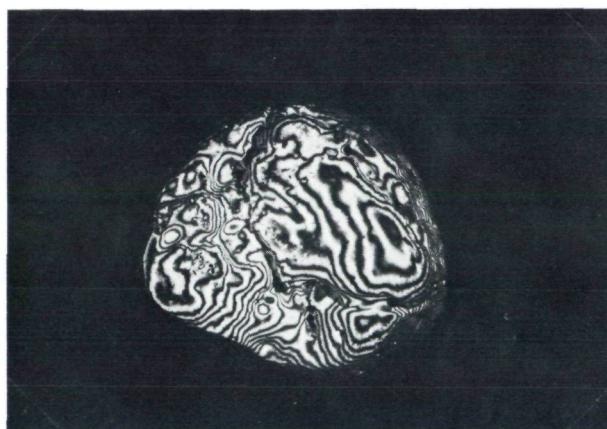
Tafel 1

Moiré-Topogramme von drei Schlüsselbeingelenksflächen aus je einer Altersgruppe, zweifach vergrößert.

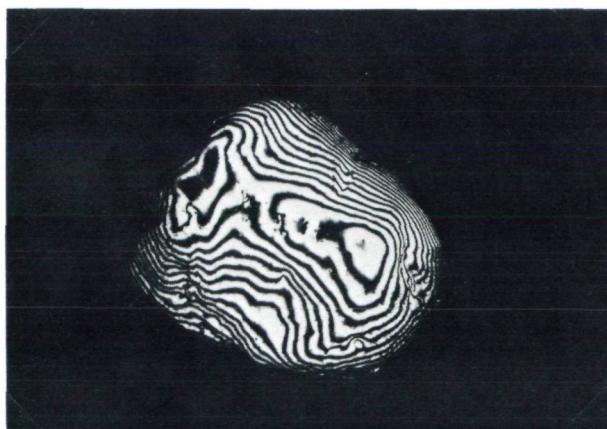
J. SZILVÁSSY, W. HOLLER, G. KECK, G. WINDISCHBAUER, A. CABAJ u. J. JAHN Tafel 1
Altersbestimmung an den sternalen Glenksflächen der Schlüsselbeine
mit Hilfe der Moiré-Topographie



18 Jahre



22 Jahre



28 Jahre

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien](#)

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: [82](#)

Autor(en)/Author(s): Szilvassy Johann, Holler Wilhelm, Keck Gertrud,
Windischbauer Gerhard, Cabaj Alexander, Jahn Josef

Artikel/Article: [Altersbestimmung an den sternalen Gelenksflächen der
Schlüsselbeine mit Hilfe der Moiré-Topographie. 759-767](#)