

Individualaltersbestimmung mit Hilfe von Zuwachsringen im Zement bodengelagerter menschlicher Zähne

Birgit Großkopf

Institut für Anthropologie der Georg-August-Universität Göttingen, Bürgerstrasse 50,
D-3400 Göttingen, Bundesrepublik Deutschland

Eingegangen 14. Juli 1989

Age determination by counting incremental lines in dental cementum of burial human teeth

Summary. Incremental lines of the dental cementum were used for individual age determination in 102 teeth. 66 of them come from different historic periods, 15 teeth were cremated. 36 modern teeth of known age were used as controls. The incremental lines were investigated by using of 100 µm thin cross-sections of the root. Age determination by this method was possible in every tooth, independent of incineration of various burial conditions. The individual age was determined by adding the mean value of the repeatedly counted incremental lines to the sex-specific eruption age of the tooth in question. Since average deviation from known age is ± 3.23 years only, counting the incremental lines represent a very advantageous, quantitative method for individual age determination.

Key words: Age-determination, dental cementum – Incremental lines in dental cementum, age-determination – Cremations, age determination

Zusammenfassung. An insgesamt 102 menschlichen Zähnen wurde eine Individualaltersbestimmung mit Hilfe der Zuwachsringe im Zahnzement durchgeführt. 66 bodengelagerte Zähne (davon 15 verbrannte) waren aus einem Spektrum von verschiedenen Liegezeiten (zwischen ca. 500 bis 7000 Jahren) und -milieus ausgewählt worden. 36 altersbekannte Zähne waren frisch extrahiert und dienten der Überprüfung der Methode. Die Untersuchung erfolgte an 100 µm starken Querschnitten des mittleren bis oberen Drittels der Wurzel. Zur Berechnung des Individualalters wurde zur ermittelten Ringzahl das mittlere geschlechtsspezifische Zahndurchbruchsalter gemäß Literaturwerten addiert. Die Altersdiagnosen der altersbekannten Zähne wiesen Abweichungen von durchschnittlich $\pm 3,23$ Jahren vom realen Alter auf. Bei allen bodengelagerten Zähnen konnten die Zuwachsringe unabhängig von der Liegedauer und dem Liegemilieu für eine Altersdiagnose genutzt werden. Es ergab sich eine hohe Übereinstimmung zwischen den morpholo-

gischen und histologischen Altersdiagnosen des Skelettmaterials und der Altersbestimmung mit Hilfe der Zuwachsringe. Somit stellen die Zuwachsringe ein vorteilhaftes quantitatives Alterskriterium für bodengelagertes Material dar.

Schlüsselwörter: Individualaltersbestimmung, Zahnzement – Zuwachsringe im Zahnzement, Individualaltersbestimmung – Leichenbrand, Individualaltersbestimmung

Einleitung

Thekodonte Zähne setzen sich aus drei Hartgeweben, Schmelz, Dentin und Zement, zusammen. Dentin und Zement werden im Gegensatz zum Schmelz während des ganzen Lebens gebildet. Das Wachstum der Zementschicht erfolgt an der Peripherie des Zementes in einem circaannualen Rhythmus (Morris 1972). Das periodisch gebildete Zementgewebe ist unterschiedlich stark mineralisiert, so daß es im Wurzelquerschnitt ringförmige Strukturen aufweist (Abb. 1). Diese Ringstrukturen werden von den Wildbiologen seit den 60er Jahren erfolgreich für die Altersdiagnose von Wildtieren benutzt. Sie ermitteln die Anzahl der Zuwachsringe in Dünnschnitten der Wurzel. Zur Bestimmung des Lebensalters wird zu der Anzahl der Zuwachsringe dasjenige Alter addiert in dem, nach empirischen Daten, die Ringbildung einsetzt. Die biologischen Ursachen der Ringbildung sind bisher noch nicht bekannt (Miller et al. 1988). Sie werden in den Veränderungen der Lebensumstände, bedingt durch den Sommer- Winterhythmus, vermutet (Grue & Jensen 1979). In der Zementschicht menschlicher Zähne lassen sich die Zuwachsringe ebenfalls nachweisen und für eine In-

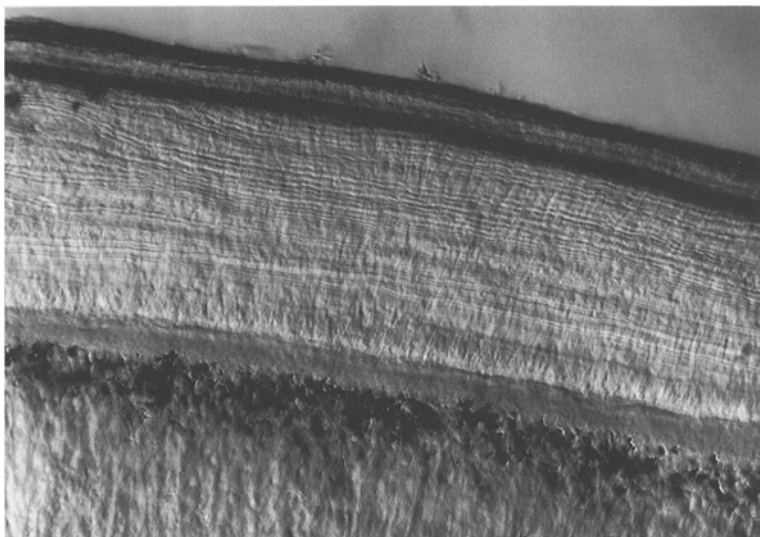


Abb. 1. Zuwachsringe in der Zementschicht einer Prämolarenwurzel eines etwa 59jährigen Individuums aus Schleswig (11./13. Jh). Dünnschnittpräparat, dezentrierter Phasenkontrast, 450fache Vergrößerung

dividualaltersdiagnose nutzen (Stott et al. 1982; Naylor et al. 1985; Charles et al. 1986; Condon et al. 1986). Konträre Untersuchungsergebnisse über die Eignung der Zuwachsringe als Alterskriterium beruhen sehr wahrscheinlich auf unzulänglicher Methodik (vgl. Diskussion).

Bisher erfolgten die Untersuchungen ausschließlich an frisch extrahierten Zähnen bzw. Sektionsmaterial. An bodengelagerten Zähnen wurden die Zuwachsringe bisher nicht untersucht, obwohl Costa (1986) sie für eine der vielversprechendsten Möglichkeiten der Altersdiagnose bodengelagerten Materials beschrieb. So werden Zähne nicht nur besser als Knochen überliefert (Miles 1963; Burns et al. 1976), sie sind beim Menschen auch in relativ großer Anzahl zu erwarten, so daß sie selbst bei gestörten Skelettfunden mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zu finden sind.

Material und Methoden

Der hier vorgelegten Untersuchung liegen insgesamt 102 Zähne zugrunde. 36 Zähne alters- und geschlechtsbekannter Individuen waren vom Zentrum der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Göttingen zur Verfügung gestellt worden. Die Aufbewahrung der extrahierten Zähne erfolgte in 10% Formollösung. 66 bodengelagerte Zähne stammen aus unterschiedlichen Liegemilieus und Liegezeiten: 10 Prämolaren von neolithischem Skelettmaterial (Wittmar, Kr. Wolfenbüttel, Liegezeit ca. 6–7000 Jahre, kalkreicher Lößboden); 21 Prämolaren von mittelalterlichem Skelettmaterial (Schleswig, ca. 900 Jahre; Sandboden unter Dungschicht); 25 Prämolaren aus einem mittelalterlichen Knochenlager aus Braunschweig (sandiges Milieu) und 10 Prämolaren aus Leichenbrandbestattungen der vorrömischen Eisenzeit (Liegezeit ca. 2700 Jahre in Tonurnen, in überwiegend sandigem Boden). Fünf bodengelagerte Zähne aus dem Ossuar und ein frisch extrahierter Zahn wurden zusätzlich experimentell im Elektromuffelofen verbrannt.

Für die Untersuchung bodengelagerter Zähne wurden Prämolaren ausgewählt, weil diese bei Skelettfunden mit einer größeren Wahrscheinlichkeit als andere einwurzelige Zähne aufzufinden sind. Die dritten Molaren sind aufgrund ihrer sehr stark schwankenden Durchbruchzeiten für diese Methode der Altersdiagnose nicht geeignet. Auch Milchzähne wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht in die Untersuchungen einbezogen. Zum einen sind die Zuwachsringe hier als Alterskriterium zeitlich nur eingeschränkt nutzbar, da die Wurzeln je nach Zahntyp drei bis sechs Jahre nach ihrer Ausbildung wieder resorbiert werden, zum anderen existieren für kindliche Skelettfunde zahlreiche gute, andere Möglichkeiten der Altersdiagnose.

In 100 µm dicken Querschnitten aus dem mittleren bis oberen Drittel der Zahnwurzel, dem azellulären Bereich des Zements, lassen sich die Zuwachsringe lichtmikroskopisch gut darstellen. Die Schnitte konnten bei den frisch extrahierten und gut erhaltenen bodengelagerten Zähnen mit Hilfe eines Sägemikrotomes (Leitz Sägemikrotom 1600, 600 U/min) ohne vorherige Einbettung des Zahnes hergestellt werden. Die Einbettung von schlecht erhaltenen und verbrannten Zähnen erfolgte in den Kunststoff BIODUR (Fa. G.vonHagens, Heidelberg). Von jedem Zahn wurden etwa 15 bis 20 Schnitte angefertigt, im Ultraschallbad gereinigt und vor dem Aufbringen auf den Objektträger in einer aufsteigenden Alkoholreihe und Xylol dehydriert. Anfärben oder Anätzen der Schnitte, die Demineralisation der gesamten Wurzel, bzw. die Anfertigung einer Mikroradiographie erbrachten keine verbesserte Darstellung der Zuwachsringe.

Die Zuwachsringe der unverbrannten Zähne ließen sich bei dezentriertem Phasenkontrast bei 200facher Vergrößerung gut darstellen. Dabei wurde der Phasenkontrast so weit aus seiner Zentrierung verschoben, bis sich die Zuwachsringe optimal diskret darstellen ließen. Die Zuwachsringe der verbrannten Zähne waren im normalen Durchlicht besser zu erkennen. Nach der Durchsicht aller Dünnschnitte eines Zahnes wurden Mikrofotografien derjenigen Abschnitte angefertigt, in denen die meisten Ringe zu erkennen waren. Eine Kontrasterhö-

hung konnte durch orthochromatisches Filmmaterial erreicht werden. Die Dentin-Zementgrenze und die äußerste Schicht sind je als ein Ring gezählt worden. Für eine erleichterte Zählweise bewährte es sich, die dunklen Ringe zu zählen. Die Zuwachsringe konnten nach dem Erlangen einer gewissen Routine direkt am Präparat gezählt werden, wobei die Schnitte verschiedener Zähne ungeordnet nacheinander gezählt wurden, um die Zählergebnisse nicht unbewußt zur Übereinstimmung zu bringen.

Die experimentelle Verbrennung der Zähne erfolgte in einem Muffelofen (Typ KM 260, Fa. Heraeus) bei einer Expositionstemperatur von 1000 Grad Celsius für 30 Minuten. Die Stücke wurden in den kalten Ofen eingebracht und erst nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur wieder entnommen. Fünf bodengelagerte Zähne wurden im Kieferfragment verbrannt, nachdem vor der Verbrennung jeweils ein Zahn für die Kontrolluntersuchung entnommen worden war. Zusätzlich wurde ein altersbekannter Zahn isoliert verbrannt, um einen möglichen Schutz der Zementschicht durch die Alveole beurteilen zu können.

Da der Zeitpunkt, zu dem die Ringbildung einsetzt nicht genau bekannt ist, wurde in dieser Untersuchung der Beginn der Ringbildung dem Zahndurchbruch gleichgesetzt. Die Berechnung des Individualalters zum Zeitpunkt des Todes oder der Zahnextraktion erfolgte durch Addition des geschlechtsspezifischen Zahndurchbruchstermines des betreffenden Zahnes (nach Zuhrt et al. 1978) zu dem Mittelwert der ermittelten Ringzahlen aus etwa 15 bis 20 Zählungen. In Fällen, in denen das Geschlecht des Individuums unbekannt war, wurde der Mittelwert aus beiden Durchschnittswerten gebildet. Bei den Zähnen aus Leichenbrandpartien ist die durchschnittliche Durchbruchzeit aller Prämolaren gemittelt worden, da aufgrund der vorhandenen Wurzelreste eine genaue Zahnidentifikation nicht möglich war.

Ergebnis

Die Zuwachsringe ließen sich in allen untersuchten Zähnen unabhängig von den Liegebedingungen, den Liegezeiten und den äußeren Einflüssen, wie Extraktion oder Verbrennung, darstellen. Sie konnten allerdings bei zahlreichen Zähnen nur an relativ wenigen Stellen der Zementschicht gut dargestellt wer-



Abb. 2. Zuwachsrings in der Zementschicht einer verbrannten Prämolarenwurzel eines etwa 45jährigen Individuums der vorrömischen Eisenzeit. Dünnschliffpräparat, Durchlicht, 562fache Vergrößerung

Tabelle 1. Mittelwerte der gezählten Zuwachsringe im Zement altersbekannter Zähne und die daraus folgenden Altersdiagnosen im Vergleich zum realen Alter

Lfd. Nr. des Zahnes	Zahnbezeichnung	Geschlecht	Mittelwert der gezählten Zuwachsringe	Standardabweichung	Durchschnittl. Zahndurchbruchstermin in Jahren ^a	Ermitteltes Lebensalter	Reales Lebensalter	Differenz in Jahren	Bemerkungen: K = Karies F = Füllung
1	11	m	17,67	2,35	7,4	25,07	27	1,93	K
2	45	w	6,61	1,91	11,2	17,81	22	4,19	K
3	41	w	60,95	2,90	6,3	67,25	72	4,75	K
4	23	w	36,78	2,88	11,1	47,88	50	2,12	K
5	13	w	36,67	3,06	11,1	47,77	50	2,23	?
6	11	m	16,40	1,52	7,4	23,80	25	1,20	F
7	11	m	2,81	0,60	7,4	10,21	10	0,21	K
8	21	m	17,27	2,12	7,4	24,67	25	0,36	K
9	23	w	23,00	2,12	11,1	34,10	33	1,10	retinierter Z.
10	23	m	34,25	4,43	11,6	45,85	52	6,15	—
11	14	m	53,91	2,45	10,5	64,41	60	4,41	?
12	13	m	46,95	5,07	11,6	58,55	60	1,45	—
13	11	w	38,93	2,87	7,2	46,13	50	3,87	?
14	12	m	48,21	2,59	8,5	56,71	60	3,39	—
15	23	m	37,40	2,35	11,6	49,00	50	1,00	F
16	14	m	5,50	0,76	10,5	16,00	15	1,00	?
17	15	m	36,48	4,59	11,2	47,68	33	14,68	F
18	42	m	24,26	3,57	7,6	31,86	33	1,14	—
19	24	m	24,77	3,94	10,5	35,27	33	2,27	F
20	32	m	23,38	2,44	7,6	30,98	33	2,02	—
21	33	m	24,63	2,96	10,7	35,33	25	10,33	F
22	12	w	48,33	2,80	8,1	56,43	60	3,57	—
23	25	m	25,76	3,65	11,2	36,96	33	3,96	F/K
24	12	m	49,30	4,22	8,5	57,80	59	1,20	K
25	41	m	14,48	3,16	6,6	21,08	25	3,92	F
26	13	m	25,68	2,50	11,6	37,28	33	4,28	F
27	16	m	55,48	3,29	6,6	62,08	59	3,08	F
28	22	m	47,00	4,20	8,5	55,55	59	3,45	K
29	41	m	23,50	3,75	6,6	30,10	33	2,90	—
30	31	m	18,03	2,11	6,6	24,63	25	0,37	K
31	31	m	25,97	2,84	6,6	32,57	33	0,43	—
32	11	m	33,97	4,65	7,4	41,37	33	8,37	K
33	14	m	22,46	2,41	10,5	32,96	33	0,04	F
34	32	m	26,33	1,94	7,6	33,93	26	7,93	F
35	42	m	18,19	2,36	7,6	25,79	25	0,79	F

^a Nach Zuhrt et al. 1978

den. Dies betraf insbesondere die verbrannten Zähne, da deren Schnitte teilweise eine sehr „grießige“ Struktur aufwiesen (Abb. 2).

Das Individualalter ließ sich bei den altersbekannten Zähnen mit einer durchschnittlichen Übereinstimmung von $\pm 3,23$ Jahren bestimmen. Nach Bereinigung der Stichprobe von den vier auffällig abweichenden Werten (Zahn. 17, 21, 32, 34) beträgt die durchschnittliche Abweichung vom realen Alter nur noch $\pm 2,31$ Jahre (vgl. Tabelle 1). Die prozentuale Abweichung vom realen Alter beträgt durchschnittlich $\pm 9,32\%$, nach Bereinigung der Stichprobe $\pm 5,96\%$. Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz liegt die theoretische Abweichung bei $\pm 14,69\%$. Dieser Fehler setzt sich aus der doppelten Streubreite der jeweiligen Zahndurchbruchstermine (nach Zuhrt et al. 1978) und der durchschnittlichen Standardabweichung bei der Ermittlung der Anzahl der Zuwachsringe zusammen. Der relativ hohe Wert für den theoretischen Fehler erklärt sich aus der Größe der Streubreite, die für die Zahndurchbruchstermine in der Literatur angegeben sind. Jedoch weist das Untersuchungsergebnis darauf hin (Abweichung von $\pm 5,96\%$), daß der Spanne der Durchbruchstermine offensichtlich eine untergeordnete Bedeutung zukommt.

Eine Auswirkung von Karies oder Füllungen auf die Zuwachsringe konnte nicht festgestellt werden. Auch bei einem retinierten Zahn (Nr. 9) ließen sich die Zuwachsringe für eine hinreichend genaue Altersdiagnose nutzen. Eine bessere Eignung der ersten Prämolaren im Vergleich zu den Canini (Charles et

Tabelle 2. Experimentell verbrannte bodengelagerte Zähne im Vergleich zu unverbrannten Zähnen

Kiefer	Zahn	Mittelwert	Standard- abwei- chung	Durch- schnittl. Zahn- durch- bruch- termin in Jahren ^a	Ermit- teltes Lebens- alter	Differenz
K 1	25 v ^b	27,09	3,08	11,15	38,24	
	24 u	27,65	2,83	10,35	38,00	0,24
K 2	35 v	32,91	2,95	11,40	44,35	Mindestalters- diagnose
	34 u	52,33	1,38	10,45	62,78	
K 3	15 v	39,44	3,67	11,15	50,59	
	12 v	41,30	4,00	8,30	49,60	0,99
K 4	14 v	41,67	1,51	10,35	52,02	
	PM u	44,50	3,02	10,84	55,34	3,32
K 5	15 v	39,00	3,55	11,15	50,15	
	14 u	40,00	2,37	10,35	50,35	0,20
Nr. 48	22 v	3,83	0,41	8,50	12,33	reales Alter: 10 Jahre

^a Nach Zuhrt et al. 1978; gemittelte geschlechtsspezifische Durchbruchstermine

^b v = verbrannt; u = unverbrannt

al. 1986) oder eine größere Korrelation zwischen dem diagnostizierten und dem realen Individualalter bei Zähnen weiblicher Individuen (Condon et al. 1986) konnte aufgrund der Stichprobengröße nicht bestätigt werden.

Bei den bodengelagerten Skelettfunden besteht eine große Übereinstimmung zwischen den morphologisch-histologischen Altersdiagnosen am Skelett und jenen, die mit Hilfe der Zuwachsringe an den Zähnen erstellt worden sind (detailliert in Großkopf 1988). Altersdiagnosen, die an je zwei bzw. drei Zähnen eines Kiefers aus dem mittelalterlichen Ossuar erstellt wurden, differierten um durchschnittlich 2,30 Jahre.

Die Altersdiagnosen der fünf experimentell verbrannten Zähnen wichen nur gering von den Diagnosen und unverbrannten Zähne ab (Tabelle 2). Bei einem Zahn ließ sich jedoch wegen der sehr schlechten Darstellungsqualität der Ringe nur eine Mindestaltersdiagnose stellen, die erheblich unter der des unverbrannten Zahnes lag. An dem isoliert verbrannten Zahn konnten die Zuwachsringe ebenso gut dargestellt werden, wie an Zähnen, die in ihrer Alveole verbrannt worden waren.

Diskussion

Die Zuwachsringe bodengelagerter Zähne sind für eine Altersdiagnose ebenso geeignet, wie diejenigen frisch extrahierter Zähne. Auch bei experimentell verbrannten Zähnen lassen sich mit Hilfe der Zuwachsringe ähnlich genaue Altersdiagnosen stellen wie bei unverbrannten Zähnen (Tabelle 2).

Bei den altersbekannten Zähnen Nr. 17, 21, 32 und 34 (vgl. Tabelle 1), liegen auffällige Abweichungen um 15, 10, 8 und 8 Jahre vor. Da diese Ergebnisse mehrmals überprüft worden sind und die Anzahl der Zuwachsringe in allen vier Fällen positiv abweicht, läßt sich ein methodischer Fehler mit einer hohen Wahrscheinlichkeit ausschließen. Dieser Schluß wird durch die Beobachtung an einem Individuum aus Schleswig gestützt, bei dem deutlich mehr Zuwachsringe gezählt worden sind als es dem Alter entsprochen hätte. Im histologischen Knochenschliff konnte bei diesem Individuum eine gestörte Mikrostruktur beobachtet werden (Grupe 1986). Aufgrund der biologischen Ähnlichkeit zwischen Zement- und Knochengewebe kann angenommen werden, daß physiologische oder pathologische Faktoren, die im Knochen massive Umbauprozesse hervorrufen, im Zement einen vermehrten Anbau bewirken, da im Zement im Regelfall kein Umbau, sondern nur ein Anbau stattfindet (Lindskog et al. 1987). Als Ursache für die Ringbildung im Zahnzement und somit auch als Einflußfaktor werden Hormone diskutiert, welche die Mineralisation des Knochens beeinflussen (z. B. Cortisol, Calcitonin und Parathormon) und im Regelfall einem circaannualen Bildungsrhythmus unterliegen (Halberg et al. 1983). Es wäre wünschenswert, die betreffenden Ursachen genauer eingrenzen zu können, um eine Zugangsmöglichkeit zu den Faktoren zu haben, die eine übermäßige Bildung der Ringe hervorrufen. So könnten die Zuwachsringe z. B. als ein hinweisendes Kriterium auf eine Störung oder Erkrankung des endokrinen Systems genutzt werden und somit zusätzliche Informationen zur Identifikation liefern.

Von Lipsinic et al. (1986), Lucas & Loh (1986) und Miller et al. (1988) wird die Eignung der Zuwachsringe als Alterskriterium bestritten, da ihre Zahl re-

gelmäßig unter der erwarteten Anzahl zurückbleibt. Die Ergebnisse der Arbeiten lassen sich auf methodische Unzulänglichkeiten zurückführen. So wurden z. B. bei Miller et al. (1988) die Zuwachsringe an jeweils nur einem, bis 350 μm dicken Schnitt ausgezählt. Lipsinic et al. (1986) ermittelten die Anzahl der Zuwachsringe bei einer nur 100fachen Vergrößerung.

Charles et al. (1986) stellten in ihrer Untersuchung fest, daß das Ergebnis umso genauer wird, je mehr Schnitte, bzw. Abschnitte ausgezählt werden. Daher wurden in der hier vorliegenden Arbeit zwischen durchschnittlich 15 (bei verbrannten Zähnen) bzw. 20 (bei unverbrannten Zähnen) Zählvorgänge pro Zahn durchgeführt. Die durchschnittliche Abweichung der Altersdiagnosen vom realen Alter lag bei den altersbekannten Zähnen bei $\pm 3,23$ Jahren. Wurden von jedem Zahn aus jeweils fünf willkürlich herausgegriffenen Zählergebnissen der Mittelwert gebildet, so stieg die durchschnittliche Abweichung lediglich auf $\pm 3,50$ Jahre. Aus diesem Ergebnis sollte jedoch nicht gefolgert werden, daß es ausreichend sei, fünf Abschnitte auszuzählen, um ein hinreichendes Ergebnis zu erhalten. Dies ist nur dann gewährleistet, wenn die Auswahl der zu zählenden Stellen sehr sorgfältig aus allen zur Verfügung stehenden Schnitten erfolgt. Für ein optimales Ergebnis ist es unerlässlich, tatsächlich nur diejenigen Stellen zu zählen, welche die meisten Ringe aufweisen. Treten zwischen den fünf ausgezählten Stellen Abweichungen von mehr als 20% auf, sollten in jedem Fall weitere Überprüfungen stattfinden.

Die Altersdiagnose mit Hilfe der Zuwachsringe weist gegenüber anderen Methoden ein hohes Maß an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf. Bei bodengelagertem Material ist eine morphologische Altersdiagnose erwachsener Individuen mit großen Unsicherheiten behaftet. Besteht im Kindes- und Jugendalter noch aufgrund der Zahn- und Knochenentwicklung die Möglichkeit eine relativ differenzierte Diagnose stellen zu können, so lassen die geringen altersvariablen Veränderungen am Skelett erwachsener Individuen nur Altersdiagnosen im Bereich von Altersspannen zu, deren Umfang im großen Maße vom Erhaltungszustand abhängt. Zusätzlich können Strukturveränderungen am Skelettsystem von Ernährungs-, Krankheits- und Arbeitseinflüssen hervorgerufen oder beeinflußt werden. Auch ein Beobachtereinfluß läßt sich bei der Beurteilung der qualitativen Kriterien nicht ausschließen. Dagegen handelt es sich bei den Zuwachsringen um quantitative Strukturen, welche offensichtlich funktionsunabhängig gebildet werden. Sie lassen sich nicht nur in menschlichen Zähnen, sondern auch im Zement der Primaten (Wada et al. 1978; Kay et al. 1984) und zahlreichen anderen herbivoren und canivoren Säugetierarten nachweisen und für eine Altersdiagnose nutzen (Grue & Jensen 1979). Bei den Zuwachsringen handelt es sich offensichtlich um ein sehr stabiles Merkmal, das unabhängig von dem Gebißaufbau, der Gebißfunktion, dem Nahrungsspektrum und dem Lebensraum für eine Altersdiagnose nutzbar ist. Hierauf weist auch das regelhafte Auftreten der Zuwachsringe in retinierten Zähnen hin. Ein Abbau und Umbau des Zementes wird durch die äußerste Zellschicht verhindert, die eine Art Schutzwall gegen alle Resorptionsvorgänge bildet (Lindskog et al. 1987). Auch postmortale Veränderungen der Zuwachsringe durch das Liegemilieu, die Liegezeit oder der Hitzeeinwirkung, konnten an keinem Zahn beobachtet werden.

Literatur

- Burns KR, Maples MA, Maples WR (1976) Estimation of age from individual adult teeth. *J Forensic Sci* 21:343–356
- Charles DK, Condon K, Cheverud JM, Buikstra JE (1986) Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. I. Tooth variability and observer error. *Am J Phys Anthropol* 71:311–320
- Condon K, Charles DK, Cheverud JM, Buikstra JE (1986) Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. II. Estimates and accuracy. *Am J Phys Anthropol* 71:321–330
- Costa RL jr (1986) Determination of age at death: dentition analysis. In: Zimmermann MR, Angel JL (eds) *Dating and age determination of biological materials*. Croom Helm, London Sydney Dover New Hampshire, pp 248–269
- Großkopf B (1988) Möglichkeiten der Altersbestimmung an bodengelagerten menschlichen Zähnen durch Bestimmung der Zuwachsringe im Zement. Diplomarbeit Göttingen
- Grue H, Jensen B (1979) Review of the formation of incremental lines in tooth cementum of terrestrial mammals. *Dan Rev Game Biol* 11:1–48
- Grupe G (1986) Multielementanalyse: Ein neuer Weg für die Paläodemographie. Materialien zur Bevölkerungswissenschaften, Sonderheft 7. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, Wiesbaden
- Halberg F, Lagoguey M, Reinberg A (1983) Human circannual rhythms over a broad spectrum of physiological processes. *Int J Chronobiology* 8:225–268
- Kay RF, Rasmussen DT, Beard KCh (1984) Cementum annulus counts provide a means for age determination in *Macaca mulatta* (Primates, Anthroidea). *Folia Primatol* 42:85–95
- Lindskog S, Blomlöf L, Hammarström L (1987) Comparative effects of parathyroid hormone on osteoblasts and cementoblasts. *J Clin Periodontol* 14:386–389
- Lipsinic FE, Paunovich E, Houston GD, Robinson SF (1986) Correlation of age and incremental lines in the cementum of human teeth. *J Forensic Sci* 31:982–989
- Lucas PW, Loh HS (1986) Are the incremental lines in human cementum laid down annually? *Ann Acad Med* 15:384–386
- Miles AEW (1963) The dentition in the assessment of individual age in skeletal material. In: Brothwell DR (ed) *Dental Anthropology*, vol V. Pergamon, Oxford London New York Paris, pp 191–209
- Miller CS, Dove SB, Cottone JA (1988) Failure of use of cemental annulations in teeth to determine the age of humans. *J Forensic Sci* 33:137–143
- Morris P (1972) A review of mammalian age determination methods. *Mamm Rev* 2:69–104
- Naylor JW, Miller WG, Stokes GN, Stott GG (1985) Cemental annulation enhancement: a technique for age determination in man. *Am J Phys Anthropol* 68:197–200
- Stott GG, Sis RF, Levy BM (1982) Cemental annulation as an age criterion in forensic dentistry. *J Dent Res* 61:814–817
- Wada K, Ohtaishi N, Hachiya N (1978) Determination of age in the Japanese monkey from growth layers in the dental cementum. *Primates* 19:775–784
- Zuhrt R, Rottstock F, Winterfeld RI (1978) Möglichkeiten und Methoden der Stomatologie bei der Identifizierung. In: Hunger, Leopold (Hrsg) *Identifikation*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 287–340