



NEGIN JAHADI

**Untersuchungen zur Anwendbarkeit
des Zementzonenverfahrens bei Zähnen
aus prähistorischen Leichenbränden**

INAUGURALDISSERTATION zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Zahnmedizin des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Giessen

**édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2006

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2006

© 2006 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



VVB LAUFERSWEILER VERLAG
édition scientifique

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

**Untersuchungen zur Anwendbarkeit
des Zementzonenverfahrens bei Zähnen
aus prähistorischen Leichenbränden**

INAUGURALDISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereiches Medizin der
Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Negin Jahadi
aus Teheran

Gießen 2006

Aus dem Anthropologischen Institut
Leiter: Professor Dr. Manfred Kunter
Fachbereich Biologie
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Professor Dr. M. Kunter

Gutachter: Professor Dr. H.-J. Oehmke

Tag der Disputation: 14.09.2006

***Meiner Mutter in Dankbarkeit
gewidmet***

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	3
2.Theoretische Grundlagen	6
2.1.Allgemeines	6
2.1.1. Zahnschemata.....	6
2.1.2. Anatomie der Zähne und des Zahnhalteapparates	7
2.1.3. Mikromorphologie der Zähne und die Zementarten.....	8
2.1.4. Bildung der Zahnwurzel.....	9
2.1.5. Durchbruchzeiten der Zähne	10
2.2. Die Zahnzementanulation durch Apposition	12
2.2.1. Ursachen der Zahnzementanulation	12
2.2.2. Ultrastruktur der Zahnzementanulation	13
2.2.3. Variationen bei der Bildung der Zementlinien.....	14
2.3. Altersdiagnostik mittels Zahnzementanulation	15
2.3.1. Zahnzementanulation in der Biologie	15
2.3.2. Zahnzementanulation bei Primaten.....	17
2.3.3. Umsetzung der Methode beim menschlichem Material.....	18
3. Eigene Untersuchungen	20
3.1. Material	20
3.1.1. Herkunft und Erhaltungszustand der rezenten Zähne	20
3.1.2. Herkunft und Erhaltungszustand der prähistorischen Zähne.....	20
3.2. Methoden	28
3.2.1. Experimentelle Verbrennung der rezenten Zähne.....	28
3.2.2. Einbettung der rezenten und prähistorischen Zähne.....	28
3.2.3. Sägemikrotomie	29
3.2.4. Mikroskopie	30

3.2.4.1. Herstellung mikroskopischer Präparate.....	30
3.2.4.2. Analyse unter dem Lichtmikroskop.....	30
3.2.4.3. Analyse im Rasterelektronenmikroskop (REM)	31
4. Ergebnisse der experimentellen Verbrennung rezenter Zähne und von Zähnen aus prähistorischen Leichenbränden	33
4.1. Experimentell verbrannte rezente Zähne	33
4.1.1. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 250°C.....	33
4.1.2. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 400°C.....	36
4.1.3. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 550°C.....	38
4.1.4. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 700°C.....	40
4.1.5. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 900°C.....	41
4.2. Zähne aus prähistorischen Leichenbränden.....	47
4.2.1. Leichenbrandzähne aus Lich.....	47
4.2.2. Leichenbrandzähne aus Bopfingen.....	48
4.2.3. Leichenbrandzähne aus Borken.....	49
4.2.4. Leichenbrandzähne aus Augsburg.....	51
4.2.5. Leichenbrandzähne aus Wederath.....	52
4.2.6. Leichenbrandzähne aus Feulen.....	53
4.2.7. Leichenbrandzähne aus Bochum.....	55
4.2.8. Leichenbrandzähne aus Mainz-Weisenau	56
4.2.9. Leichenbrandzähne aus Hambach.....	57
5. Diskussion.....	60
6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	66
Summary.....	67
7. Literaturverzeichnis	68
8. Danksagung.....	72
9. Lebenslauf.....	73
Erklärung.....	74

1. Einleitung und Fragestellung

Eine grundlegende Information über jedes höhere Lebewesen ist neben der Kenntnis des Geschlechts das Individualalter. Eine sichere Altersbestimmung ist insbesondere dann schwierig, wenn anhand von überlieferten Hartgeweben (Knochen und Zähne) das Sterbealter des Individuums bestimmt werden soll. Die Altersbestimmung spielt sowohl in der prähistorischen Anthropologie als auch in der Gerichtsmedizin eine große Rolle (RÖSING et al. 2005; WITTEWERT-BACKOFEN et al. 2004). Deshalb ist es notwendig, in der angewandten Forschung geeignete reproduzierbare Methoden für die Bestimmung des individuellen Sterbealters zu besitzen.

Die morphologische Altersbestimmung hat sich vor allem in der Anthropologie etabliert. Sie erfolgt über einen Vergleich von einem oder mehreren altersvariablen Merkmalen am Skelett, welche in der Regel in morphognostischen Stadien erfasst werden und mit den Werten einer Referenzpopulation verglichen werden, wodurch es möglich ist, das Sterbealter eines Skelettes zu bestimmen (HERRMANN et al. 1990). Mit solchen Verfahren lässt sich jedoch nur ein biologisches Alter des Individuums bestimmen.

Im Gegensatz zum chronologischen Alter, welches das Alter nach der Anzahl der gelebten Jahre bestimmt, ist das biologische Alter durch äußere Faktoren wie Umweltbedingungen, Ernährung oder Krankheiten beeinflusst. Daher sind das biologische Alter und das chronologische Alter oft nur annähernd übereinstimmend. Aufgrund der Differenz zwischen dem chronologischen und dem biologischen Alter kann meistens keine genaue Altersangabe gemacht werden. Sie beschränkt sich daher auf die Bestimmung von Altersklassen.

Diese Altersklassen setzen sich aus *adultus* (20 - 40 Jahre), *maturus* (40 - 60 Jahre) und *senilis* (60>+ Jahre) zusammen (HERRMANN et al. 1990).

Bei der Altersbestimmung kommt der durch FEREMBACH et al. (1979) überarbeiteten Methode in Anlehnung an NEMESKÉRI, ACSÁDI und HARSÁNYI (1960) eine große Bedeutung zu. Dabei handelt es sich um eine aus vier Merkmalen kombinierte Methode, bei denen die Phasen der Altersentwicklung beschrieben werden.

Diese Merkmale setzen sich aus dem Verwachsungszustand der Schädelnähte, der Spongiosastruktur des Humeruskopfes, der Spongiosastruktur des Femurkopfes und des Reliefs der Symphysenfläche des Schambeins zusammen.

Ein anderes Altersdiagnoseverfahren, das auf Veränderungen von Merkmalen auf histologischer Ebene basiert, ist die Bestimmung der Osteonendichte in menschlichen Knochen (HERRMANN et al. 1990).

Eine etablierte Methode zur Altersbestimmung an Zähnen, mit der man zumindest theoretisch dem chronologischen Alter sehr nahe kommen kann, stellt die Zahnzementanulation dar. (RÖSING & KVAAL, 1998; JANKAUSKAS et al., 2001; KAGERER & GRUPE, 2001; WITTEWER-BACKOFEN et al., 2004).

Diese Altersbestimmung ergibt sich aus dem Auszählen der vermutlich jährlich angelagerten Zuwachsringe im Zahnzement, die sich in Dünnschichtpräparaten der Wurzeln darstellen lassen, addiert mit dem Zahndurchbruchsalter. Diese Methode ist nicht nur bei Wildtieren, sondern auch zur individuellen Altersbestimmung von prähistorischen bodengelagerten Zähnen eingesetzt worden (CONDON et al. 1986; GROßKOPF 1990 und GROßKOPF et al. 1996).

Die Überprüfung der Anwendbarkeit dieser Methodik an verbrannten Zähnen, z.B. aus prähistorischen Leichenbrandbestattungen, ist bisher nur in Einzelfällen durchgeführt worden (GROßKOPF, 1989; KAUFMANN, 2001).

KAUFMANN (2001) beurteilte diese Methode der Altersbestimmung bei Leichenbränden anhand der Zahnzementanulation nicht als empfehlenswert, da das Untersuchungsgut durch postmortale Einflüsse negativ beeinträchtigt sein könnte.

Großkopf jedoch schreibt, dass postmortale Veränderungen durch das Liegemilieu oder Hitzeeinwirkung keinen Einfluss auf die Zuwachsringe haben.

Ziel dieser Arbeit ist die Prüfung der Anwendbarkeit der Methode der Zahnzementanulation an verbrannten Zähnen, wobei eine vergleichende Analyse von prähistorischen menschlichen Zähnen aus Leichenbrandbestattungen und experimentell verbrannten menschlichen Zähnen durchgeführt werden soll.

Die entscheidenden Fragestellungen dieser Untersuchung lauten:

- Ist die etablierte Methodik zur Darstellung der Zahnzementanulation auf verbranntes Zahnmaterial anwendbar?
- Lassen sich die Erkenntnisse aus experimentell verbrannten rezenten Zähnen auch auf die Situation prähistorischer verbrannter Zähne übertragen? Müssen gegebenenfalls weitere methodische Veränderungen für die Analyse dieser verbrannten Zähne vorgenommen werden?

- Lässt sich eine Methode zur individuellen Altersbestimmung an prähistorischen verbrannten Zähnen etablieren?

Zur Bearbeitung und zum Verständnis dieser Thematik ist das Erlernen der grundlegenden Methodik sowie eine Literaturübersicht und eine allgemeine Darstellung einer Theorie der Zähne unabdingbar.

Die Nutzung allgemeingültiger Zahnschemata, die Kenntnis der durchschnittlichen Zahndurchbruchzeiten sowie der Makro - und Mikromorphologie der Zähne sind in diesem Zusammenhang notwendig.

Nach dem allgemeinen Teil erfolgt die Darstellung der Anpassung der Basismethodik für die Zahnzementanulation an verbrannte Zähne, wobei hier die einzelnen Arbeitsschritte möglichst genau beschrieben werden sollen.

Danach muss die Bewertung der eigenen Ergebnisse und ein Vergleich mit den Befunden in der Literatur erfolgen.

2. Theoretische Grundlagen

2.1. Allgemeines

2.1.1. Zahnschemata

In der Zahnheilkunde werden zur Unterscheidung der Zähne spezielle Schemata angewandt. Als rein zweiziffriges Schema kennzeichnet die erste Zahl den Kieferquadranten, die zweite Zahl die Position des Zahnes im Quadranten. Bei permanenten Zähnen wird der Quadrant rechts oben mit 1, der Quadrant links oben mit 2, der Quadrant links unten mit 3 und der Quadrant rechts unten mit 4 bezeichnet. Die Nummerierung der Zähne beginnt von der Mittellinie aus mit dem Incisivus als Zahn 1 und endet mit dem dritten Molaren als Zahn 8. Bei den Milchzähnen werden die entsprechenden Quadranten mit 5, 6, 7 und 8 beziffert (SCHUMACHER et al. 1990).

	I									II								
a)	18	17	16	15	14	13	12	11		21	22	23	24	25	26	27	28	
R	48	47	46	45	44	43	42	41		31	32	33	34	35	36	37	38	L
	IV									III								
	V						VI											
b)	55	54	53	52	51		61	62	63	64	65							
R	85	84	83	82	81		71	72	73	74	75	L						
	VIII						VII											

Abb.1: Internationales Zahnschema;

a) bleibende Zähne

b) Milchzähne

2.1.2. Anatomie des Zahnes und des Zahnhalteapparates

Am Zahn unterscheidet man die Krone (corona dentis) und die Wurzel (radix dentis). Die Grenze zwischen Krone und Wurzel wird als Zahnhals (cervix), die Wurzelspitze als Apex dentis bezeichnet.

Die Zähne bestehen aus Weichgewebe, dem Zahnmark (Pulpa dentis) und den Hartgeweben: dem Zahnbein (Dentin), dem Zahnschmelz (Enamelum) und dem Zahnzement (Cementum). Die Hauptmasse des Hartgewebes stellt das Dentin dar, welches im Bereich der Krone von Schmelz und im Bereich der Wurzel von Zement überzogen wird (SCHUMACHER et al. 1990).

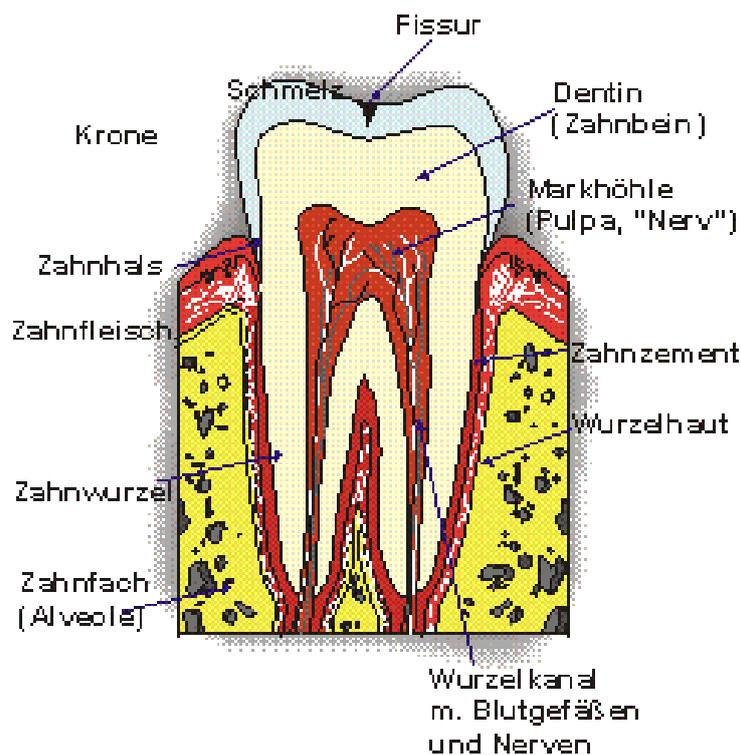


Abb.2: Aufbau des Zahnes (<http://www.ipr-systems.com/lexikon/anatomie.htm>)

2.1.3. Mikromorphologie der Zähne und die Zementarten

Der histologische Aufbau der Zähne ist für die Altersbestimmung und Auswertung von Zahnmaterial entscheidend.

Insbesondere ist die mikroskopische Analyse des Zements zur Ermittlung einer Altersdiagnose sehr wichtig.

Die Hauptmasse der Zahnhartsubstanz besteht aus Zahnbein (Dentin) und bildet die Grundlage der Zahnform. Das Dentin wird im Bereich der Zahnkrone von einem massiven Überzug aus dem zellfreien und am stärksten mineralisierten Gewebe, dem Zahnschmelz (Enamelum) bedeckt. Im Bereich der Wurzel ist der Zahn mit dem am wenigsten mineralisierten Gewebe, dem Wurzelzement (Cementum) überzogen, in dem sich zumindest bereichsweise Zellen in Lakunen befinden (SCHUMACHER et. al 1990).

Das Wurzelzement ähnelt in seiner Struktur und Härte (30 - 50 KNH) dem menschlichen Knochen, ist im Gegensatz zu ihm aber nicht vaskularisiert. Er besteht aus ca. 65 Gewicht % anorganischer Substanz, und zwar aus Apatit, 23 Gewicht % organischer Komponente wie Proteinen und Lipiden und die restlichen ca.12 Gewicht % sind Wasser.

Die Dentinoberfläche im Bereich der Wurzel ist mit einer Schicht stark mineralisierten Zements bedeckt, die bis zu 10 µm dick sein kann. Nach außen folgen lamellenartig stärkere und weniger stark mineralisierte Zonen, die Ausdruck periodischer Zemetbildungsphasen sind.

Die Wachstumslamellen sind nur wenig ausgeprägt, da die Zementbildung und Zementneubildung sehr langsam stattfinden. (HELLWIG et al. 1995).

Der Zement eines Zahnes wird in 4 Zementarten eingeteilt:

1. azelluläres afibrilläres Zement
2. azelluläres äußeres Faserzement
3. zelluläres, gemischt lamelläres Zement
4. zelluläres inneres Faserzement

(nach SCHUMACHER et. al 1990)

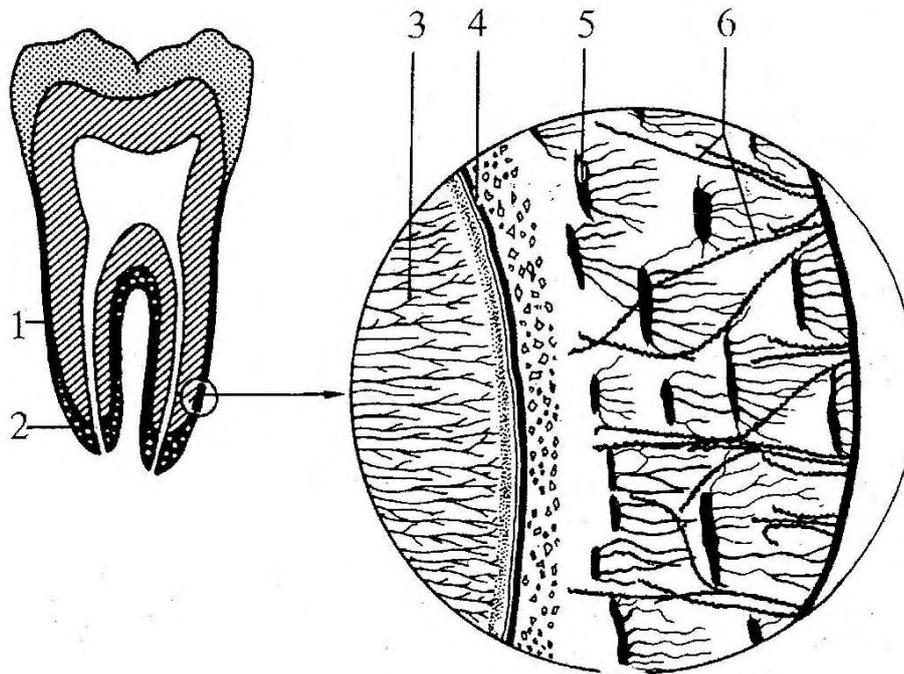


Abb. 3: Zahnzement

1 zellfreies Zement, 2 zellhaltiges Zement, 3 Dentin,
4 Dentin-Zementgrenze, 5 Zementozyt, 6 Sharpey-Fasern
(nach SCHUMACHER, 1990)

2.1.4 Bildung der Zahnwurzel

Die Zahnwurzel entsteht kurz vor dem Durchbruch der Krone. Die äußeren und inneren Schmelzzellen, die im Bereich des Zahnhalses aneinander liegen, dringen tiefer in das darunter liegende Mesenchym ein und bilden die epitheliale Wurzelscheide. Die der Epithelscheide benachbarten Zellen der Zahnpapille wandeln sich in Odontoblasten um und lagern Dentinschichten ab, die sich dem Dentin der Zahnkrone anschließen. Immer mehr Dentin wird auf die Innenseite der bereits bestehenden Schicht abgelagert, so dass der Pulparaum sich verengt und schließlich der Wurzelkanal entsteht, der die Blutgefäße und Nerven für den Zahn enthält.

“Die an der Außenseite des Zahnes gelegenen, an das Wurzeldentin angrenzenden Mesenchymzellen differenzieren sich zu Zementoblasten. Diese Zellen produzieren eine Hartschicht, den Zahnzement (Cementum), der als eine dünne Schicht über dem Wurzeldentin abgelagert wird. Über diese Zementschicht bildet das Mesenchym den bindegewebigen Halteapparat, das Periodontium“ (SADLER, 1998, 352).

2.1.5. Durchbruchzeiten der Zähne

Die Durchbruchzeiten der Zähne spielen für die Altersbestimmung eine wesentliche Rolle. Der Zeitpunkt, zu welchem die Zahnzementanulation einsetzt, ist im Gegensatz zu den Durchbruchzeiten nicht bekannt. Es wird jedoch angenommen, dass die Zahnzementringbildung mit dem Zahndurchbruch beginnt.

Es gibt auch andere Theorien, die den Beginn der Zahnzementringbildung zu dem Zeitpunkt ansetzen, an dem die Wurzel ihre maximale Länge erreicht hat. KVAAL und SOLHEIM (1995) bezeichnen dieses Stadium der Entwicklung als "Zahnalter".

In der vorliegenden Arbeit soll der Zahndurchbruch als Beginn der Zuwachsringbildung angesetzt werden.

Die Zahnentwicklung und die Zahndurchbruchzeiten werden durch genetische Determinanten und durch Umweltfaktoren bestimmt, so dass die spezifischen Zahndurchbruchzeiten für die einzelnen Zähne einer gewissen Variabilität unterliegen (ALT; TÜRP 1997). Trotz allem lassen sich bei Betrachtung einer Spezies relativ genaue Durchbruchzeiten für einzelne spezifische Zähne annehmen.

Als erster bleibender Zahn bricht beim Menschen im sechsten Lebensjahr der erste Molar durch, der deshalb auch als Sechsjahrmolar bezeichnet wird.

Der Verlust der Milchzähne korreliert mit den Eruptionszeiten der permanenten Zähne, wobei sich drei Wechselgebissperioden unterscheiden lassen:

- 1.) Die erste Periode ist charakterisiert durch die Eruption der Sechsjahrmolaren sowie die der bleibenden Incisivi.
- 2.) Im Rahmen der zweiten Periode erfolgt der Austausch der Milchmolaren durch die permanenten Prämolaren, desgleichen der Austausch der Milchcanini durch die permanenten Canini. In dieser Periode kommt es ebenfalls zum Durchbruch der zweiten Molaren, welche typischerweise im Lebensalter von zwölf Jahren durchbrechen.
- 3.) Die letzte und dritte Periode ist gekennzeichnet durch den Durchbruch der permanenten dritten Molaren. Dieser Durchbruch unterliegt individuell einer erheblichen Variabilität, wobei durchschnittliche Durchbruchzeiten für die dritten

Molaren zwischen dem 17. und dem 19. Lebensjahr angegeben werden (SCHUMACHER et al. 1990).

In der **Tabelle 1** findet sich eine Zusammenstellung der durchschnittlichen Durchbruchzeiten der permanenten Zähne, die durch Untersuchungen unterschiedlich vieler Kinder festgestellt worden sind (SCHRÖDER, 2000).

Die durchschnittlichen Durchbruchstermine werden in der Tabelle 1 in Lebensjahren wiedergegeben.

	Oberkiefer	Unterkiefer
1. Incisivus	6-8	6-7
2. Incisivus	7-9	7-8
3. Caninus	10-12	9-11
1. Prämolare	9-11	9-11
2. Prämolare	10-11	10-12
1. Molar	6-7	6-7
2. Molar	12-13	11-12
3. Molar	17-19	17-19

Tabelle 1: Durchbruchzeiten der permanenten Zähne
(nach SCHRÖDER 2000)

2.2. Die Zahnzementanulation durch Apposition

2.2.1. Ursachen der Zahnzementanulation

In Bezug auf die Ursachen der Zahnzementanulation gibt es eine Übereinstimmung bei einzelnen Autoren in dem Sinne, dass die Zuwachsringe ein Ergebnis der variierenden Wachstumsrate der Zementschicht sind und dass das Zementwachstum von saisonalen und altersdeterminierten Bedingungen des individuellen Wachstums abhängig ist (nach GRUE & JENSEN 1979).

Wahrscheinliche Ursachen für die Unterbrechung des Zementwachstums sehen GRUE und JENSEN (1979) sowohl in endogenen als auch exogenen Faktoren. Saisonale Unterschiede in der Umwelttemperatur und der Lichtperiode sollen Erwähnung finden, wurden aber bis jetzt noch nicht hinreichend untersucht.

Stoffwechseleränderungen gelten als potentielle endogene Faktoren, welche das Zementmuster beeinflussen. Hierzu gehören in erster Linie die natürliche Nahrungsaufnahme, wechselnde Hormonaktivitäten (Parathormon, Calcitonin) sowie die Verfügbarkeit und Aufnahme von Vitamin D.

Extreme Umstände, insbesondere die, welche direkt oder indirekt auf das Wachstum und den physiologischen Zustand wirken, könnten die Liniengestaltung modifizieren, aber nur in Extremfällen könnten sie den Rhythmus durch die Ausbildung einer Sekundärlinie oder durch ein gänzlich Verschwinden der Ringe, verschleiern. Dieses konnte z.B. in Arten nachgewiesen werden, welche verschiedenen Graden der Domestikation ausgesetzt wurden (GRUE & JENSEN, 1979).

Trotz aller Modifikationen durch exogene Faktoren scheint die Zahnzementanulation aber ein relativ homogener Prozess zu sein, welcher genetisch determiniert ist und vermutlich durch circaannuläre Rhythmen verursacht wird.

2.2.2. Ultrastruktur der Zahnzementanulation

In Querschnitten menschlicher Zähne stellt sich das Wurzelzement als wechselnde, nahezu konzentrische, abwechselnd helle und dunkle Ringstruktur unter dem Lichtmikroskop dar. Diese so genannten Anulationen erinnern an die mit bloßem Auge sichtbaren Jahresringe der Bäume. Verschiedene Bemühungen zur Identifikation der Ultrastruktur der Zahnzementringe sowie deren Korrelation zum Zahnalter sind unternommen worden und ergeben sehr unterschiedliche Resultate (RENZ et al. 1997). Ein Problem bei der Erforschung der Zahnzementringe liegt darin, dass die Zementringe in Abhängigkeit von verschiedenen Schnittdicken und einer unterschiedlichen Vorbehandlung des Präparates sowie bei Verwendung verschiedener mikroskopische Techniken sich anders darstellen. So können die Zementringe bei Anwendung einer spezifischen Technik gut erkennbar sein, bei Verwendung einer anderen Technik werden sie jedoch unsichtbar. Die Anwendung der Transmissionselektronenmikroskopie ergibt einen Hinweis darauf, dass die lichtmikroskopisch sichtbaren Ringe ultrastrukturell durch Veränderungen der Anordnung und Dichte der Sharpeyschen Fasern verursacht sein könnten. Möglicherweise spielen auch Unterschiede im Grad der Mineralisation beziehungsweise Komposition von mineralischem und organischem Material eine Rolle. Zusammenfassend muss aber gesagt werden, dass viele ultrastrukturelle Aspekte der Ringbildung bisher noch ungeklärt sind (RENZ et al. 1997).

2.2.3. Variationen bei der Bildung der Zementlinien

Das Wachstum der Zementschicht von Säugern scheint generell an die Funktion des Zahnes gebunden zu sein, wobei die Zementzunahme der Abrasion von okklusal entgegenwirkt. Insgesamt wird durch den Aufbau einer dickeren Zementschicht eine zusätzliche Stabilisierung des Zahnes erreicht. Dieses Phänomen wird durch die Tatsache belegt, dass bei stärker beanspruchten Zähnen der Grad der Belastung mit der Dicke der Zementschicht und der Dicke der Zementlinien korreliert (GRUE u. JENSEN 1979). Potentiell ist ein Zahn mit dickerem Zement auch besser in der Alveole fixiert (MORRIS 1972).

Am Tiermodell konnte nachgewiesen werden, dass die Zementdicke sich proportional zur Abrasion der Zähne verhält (GRUE&JENSEN 1979).

Wichtig ist die Feststellung, dass diese Faktoren, die zu spezifischen Variationen der Dicke der Primärlinien führen, nicht die Gesamtzahl der Linien beeinflussen, was natürlich eine Grundvoraussetzung für die Verwendung der Primärlinien im Rahmen der Altersbestimmung darstellt.

Anders hingegen verhält es sich jedoch mit der Ausbildung von Sekundärlinien, die auch als „double“, „divided“ oder „split lines“ bezeichnet werden. Ihre Ausbildung scheint sich interindividuell und intraindividuell von Jahr zu Jahr ohne erkennbare Ursache zu verändern. Das Auftreten von Sekundärlinien ist bei den verschiedensten Spezies beobachtet worden, Sekundärlinien fanden sich dabei sowohl bei männlichen wie auch bei weiblichen Individuen.

2.3. Altersdiagnostik mittels Zahnzementanulation

2.3.1. Zahnzementanulation in der Biologie

Die Methodik der individuellen Altersbestimmung unter Nutzung der Zementzonenbildung wurde zunächst in der Wildbiologie entwickelt und angewandt und ist dort als eine zuverlässige Methode eingeführt. Eine grundlegende Arbeit zur Etablierung dieses Verfahrens wurde 1952 von LAWS vorgelegt. Am Beispiel des See-Elefanten (*Merounga leonina*) beschrieb er eine neuartige Methode zur Altersbestimmung basierend auf der zyklischen Veränderung in der Rate und Beschaffenheit der Zahncalcifikation. Beim See-Elefanten brechen die Canini schon wenige Tage nach der Geburt durch und sind von diesem Zeitpunkt an einem lebenslangen Wachstum unterworfen. LAWS (1952) bemerkte bei der mikroskopischen Analyse von Dünnschnitten dieser Eckzähne schichtartig alternierende Zonen, wobei die früheren Zonen eine höhere Dichte unter dem Lichtmikroskop zeigten und die späteren sich hingegen als hellere, in der Dicke variierende Ringe darstellten. An einem Gesamtuntersuchungsgut von 227 Tieren konnte eine Korrelation von Alter und Anzahl der Zuwachsringe des Zementes beschrieben werden. Fazit dieser Arbeit war, dass die Ausbildung der Zonen beziehungsweise Ringe jährlich erfolgt. In Folgeuntersuchungen konnten auch bei anderen Spezies in Zahnquerschnitten konzentrische Ringbildungen in Analogie zu denen der See-Elefanten dargestellt werden.

Ringbildungen fanden sich hierbei sowohl an rezenten Zähnen als auch bei fossilen Präparaten. LAWS (1952) versuchte daraufhin seine Theorie, dass Zahnzementringe zur Altersdiagnostik genutzt werden könnten, an einer Reihe lebender und fossiler Vertebraten zu bestätigen. Analoge Ringbildungen fanden sich dabei ebenfalls in den Canini von Raubtieren, Kleinkatzen und Bären, in den Incisivi von Elefanten und Nilpferden sowie in den Molaren des Rhinoceros und des Bisons. Auch in Zahnpräparaten von fossilen Reptilien, wie z.B. dem Ichthyosaurus, ließen sich konzentrische Ringbildungen nachweisen.

MITCHEL (1963) hat bei einer Untersuchung an 500 Rothirschen zeigen können, dass der erste Molar als erster durchbrechender permanenter Zahn dieser Spezies die größte Anzahl an Zementringen besitzt, während der dritte Molar als zuletzt durchbrechender Zahn die wenigsten aufwies. Hingegen zeigte der zweite Molar genau einen Zementring weniger als der erste Molar.

Als Schlussfolgerung seiner Arbeit ergab sich, dass folglich der erste Molar der geeignetste zur Altersdetermination sei.

Darüber hinaus fanden sich in den Zonen zwischen den Ringen typische circaannuale Wachstumsmuster, weiße Zementzonen für das Wachstum im Sommer und glasige, durchsichtige Zementzonen für das Wachstum im Winter. Weitere Untersuchungen bei anderen Spezies perfektionierten das Verfahren und es gelang schließlich, das Individualalter auf ein Jahr genau zu bestimmen.

Natürlich stellte sich im Weiteren die grundsätzliche Frage nach der Validität dieser Methode, wobei in den folgenden Arbeiten altersbekannte Tiere zur Validierung untersucht wurden. Zusammenfassend ergibt sich aus dem Literaturstudium, dass die Altersbestimmung mit Hilfe der Zahnzementringe als die genaueste Methode galt. In einer Publikation von GEIGER (1993) wurden noch einmal die Ergebnisse verschiedener Verfahren der Altersbestimmung an Wildtieren überprüft, wobei sich im Ergebnis zwischen tatsächlichem und ermitteltem Alter mittels der Bestimmung durch Zahnzementringe ein Zusammenhang ergab.

Neuere Arbeiten sprechen eher für eine kritische Anwendung des Zementzonenverfahrens (KIRSCHNER 1999; WITTEMANN 2004).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich Zuwachslinien des Zahnzementes bei allen Mitgliedern der größeren Säugetierordnungen finden und zur Altersbestimmung herangezogen werden können (GRUE & JENSEN 1979)

2.3.2. Zahnzementanulation bei Primaten

Die ersten Untersuchungen an Primaten wurden an japanischen Affen (*Macaca fuscata*) durchgeführt (nach STOTT et al. 1982). STOTT et al. (1982) nahmen Untersuchungen an Zähnen der Weissbüscheläffchen (*Callithrix jacchus*) vor.

KAY et al. (1984) kritisierten die Untersuchung von STOTT et al. (1982), da sie in Gefangenschaft geborene Labortiere verwendeten. KAY et al. (1984) führten dann selbst Altersbestimmungen an altersbekannten Rhesusaffen (*Macaca mulatta*) durch, die unter natürlichen Bedingungen gelebt hatten.

In 11 von 14 Fällen fiel das tatsächliche Alter mit dem durch die Zählung der Zementringe ermittelten Alter zusammen. In zwei Fällen kam das ermittelte Alter bis auf ein halbes Jahr an das wirkliche Lebensalter heran. Nur in einem Fall fiel das ermittelte Alter weit außerhalb des wirklichen Alters.

2.3.3. Umsetzung der Methode bei menschlichem Material

Die erste Anwendung der Methode zur Bestimmung der Zahnzementanulation beim Menschen führten STOTT et al. (1982) durch. Sie verwendeten 17 Zähne aus einem alters- und geschlechtsbekanntem Sektionsmaterial. Die 100- 150 µm dicken Schnitte wurden mit Alizarinrot S eingefärbt, mit einem Fotomikroskop fotografiert und anhand von Fotoaufnahmen ausgewertet. Diese Auswertung brachte anschließend zufriedenstellende Resultate. Jedoch konnte kein Zahntyp als besonders geeignet für die Altersbestimmung herausgefunden werden.

STOTT et al. (1982) weisen darauf hin, dass die Ringzählung mittels Fotografien eine sehr nützliche Technik in der forensischen Medizin und in der Anthropologie darstellen könnte.

Aufgrund der geringen Anzahl von Proben der Studie von STOTT et al. (1982), wurde diese von anderen Forschern kritisch bewertet.

CHARLES et al. (1986) und CONDON et al. (1986) führten Untersuchungen an Proben anhand von zwei Methoden durch. Sie überprüften eine erste Versuchsreihe mit demineralisierten und eine zweite mit mineralisierten Dünnschnitten und kamen zu dem Ergebnis, dass die Auszählung der Ringe an demineralisierten Schnitten zu eindeutigeren Ergebnissen führte als an mineralisierten.

Weitere methodische Analysen führten KVAAL und SOLHEIM (1995) durch. Es wurden zwei Methoden benutzt, um die Anzahl der Ringe auszuzählen. Mit einer Videokamera wurde das Mikroskopbild des Zahnschnittes direkt auf einen Monitor übertragen und am Bildschirm ausgewertet. Die Linien wurden an drei verschiedenen Schnitten eines Zahnes gezählt, wobei die höchste Zählung aufgenommen wurde.

In der zweiten Methode wurde die Breite der Zementschicht, in der 4 bis 6 Linien annähernd parallel verliefen, bestimmt und auf die Breite der Zementschicht hochgerechnet. Gegen diese Methode spricht jedoch, dass die Zonen nicht immer gleich dick ausgebildet sind, wovon diese Methode jedoch ausgeht.

Die Eignung der Zuwachsringe als Alterskriterium wurden von LIPSINIC et al. (1986) und MILLER et al. (1988) angezweifelt. Die Anzahl der gezählten Ringe blieb weit unter der erwarteten Zahl zurück.

LIPSINIC et al. (1986) verwendeten nur gesundes Zahnmaterial, d.h. ohne parodontale Zerstörung und mit der Gewissheit, dass der Patient keine systemischen Krankheiten hatte. Sie meinten, dass Schäden an der Wurzel zu Ungenauigkeiten bei der Auszählung führen könnten. Die Schnitte wurden bei 100facher Vergrößerung im Lichtmikroskop betrachtet und der höchste Wert wurde notiert. Die Anzahl der Ringe wurde für fast alle Zähne weit unterschätzt, das geschätzte durchschnittliche Alter, lag deutlich unter dem durchschnittlichen tatsächlichen Alter. Die Unterschätzung der gezählten Ringe ist derart deutlich, dass man von einem methodischen Fehler ausgehen muss. GROßKOPF (1990) sah den methodischen Fehler in der Auszählung der Zementringe bei einer 100fachen Vergrößerung, da diese für die Auszählung nicht die notwendige Auflösung bietet, so dass bei einer derartig geringen Vergrößerung viele Ringe übersehen werden dürften. Zum Auszählen der Schnitte hat sich eine mindestens 200fache Vergrößerung bewährt.

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Material

3.1.1. Herkunft und Erhaltungszustand der rezenten Zähne

Das Untersuchungsmaterial der vorliegenden Arbeit setzt sich aus frischen Zahnextraktionen und Leichenbrandzähnen zusammen. Die frisch extrahierten Zähne stammen aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund - und Kieferheilkunde der Giessener Universitätsklinik und aus privaten Zahnarztpraxen.

Für die histologische Untersuchung wurden 50 rezente Zähne herangezogen. Von jedem rezenten Zahn waren das Alter, das Geschlecht, und der Zahncode bekannt. Die Individualbefunde der rezenten Zähne sind in der **Tabelle 2** dargestellt.

3.1.2. Herkunft und Erhaltungszustand der prähistorischen Zähne

Leichenverbrennung war von der mittleren Bronzezeit bis in die Völkerwanderungszeit, also über einen Zeitraum von etwa 1500 Jahren, die übliche Bestattungsart in Mittel- und Nordeuropa (HERRMANN et al. 1990).

Als Leichenbrand werden dabei die nicht brennbaren Überreste eines menschlichen Körpers und damit auch die Zähne bezeichnet. Ob es sich bei einem Material um Leichenbrand handelt oder nicht, ist in der Regel einfach zu beantworten. Jedoch lässt sich schwer entscheiden, ob der Mensch in lebendem oder totem Zustand verbrannt worden ist.

Für einige archäologische Untersuchungen stellen die Leichenbrände die einzige Quelle dar, um über die Menschen jener Zeiten Aussagen ableiten zu können. Diese werden jedoch durch die thermisch verursachten Einwirkungen erschwert (HERRMANN et al. 1990).

Auch die Zähne stellen eine Möglichkeit der Altersdiagnose an Leichenbränden dar. Die in dieser Arbeit analysierten prähistorischen Leichenbrandzähne stammen aus dem Anthropologischen Institut der Justus-Liebig-Universität Giessen (Leiter Prof. Dr. Kunter), die im Rahmen der Bearbeitung von Leichenbränden gefunden wurden. Kunter ermittelte bei der Mehrzahl der Individuen das anthropologische Alter der Leichenbrände nach der Methode von RÖSING (1977), so dass später das durch die Zahnzementanulation ermittelte Alter mit dem anthropologischen Alter verglichen werden konnte.

Zusätzlich waren noch bei den meisten Leichenbränden die Grabnummer, der Fundort und das Geschlecht der Individuen angegeben.

Die verschiedenen Fundorte und Zeiten wurden chronologisch in der **Tabelle 3** dargestellt. Die Individualbefunde der prähistorischen Zähne sind in der **Tabelle 4** zusammen getragen worden.

Lfd.Nummer	Chronologisches Alter des Individuums	Geschlecht	Zahncode
Z1	66	W	44
Z2	24	w	38
Z3	24	w	28
Z4	43	m	32
Z5	43	m	41
Z6	43	m	31
Z7	43	m	42
Z8	22	w	28
Z9	22	w	48
Z10	22	w	18
Z11	73	w	42
Z12	33	m	48
Z13	33	m	18
Z14	73	m	42
Z15	73	m	41
Z16	34	w	11
Z17	39	w	37
Z18	47	m	26
Z19	33	m	38
Z20	33	m	28
Z21	37	m	32
Z22	24	m	18
Z23	69	m	13
Z24	39	w	48
Z25	52	m	42
Z26	62	w	45
Z27	59	m	34
Z28	32	m	18
Z29	59	m	16
Z30	35	w	18

Tabelle 2: Individualbefunde der rezenten Zähne aus

Lfd.Nummer	Chronologisches Alter des Individuums	Geschlecht	Zahncode
Z31	52	w	15
Z32	56	w	45
Z33	59	m	43
Z34	37	m	31
Z35	45	w	15
Z36	17	w	18
Z37	42	w	28
Z38	22	w	38
Z39	22	w	18
Z40	37	w	13
Z41	27	m	22
Z42	49	m	41
Z43	59	m	23
Z44	59	m	13
Z45	27	m	23
Z46	49	m	43
Z47	68	m	44
Z48	55	w	43
Z49	60	m	12
Z50	51	m	12

Fortsetzung **Tabelle 2**

Fundort	Zeit	Anzahl Zähne	Tabelle
Lich-Eberstadt, Hessen	Urnenfelderzeit 1200-800 v. Chr.	2	4
Bopfingen, Ost-Albkreis, Baden-Württemberg	Urnenfelderzeit-hallstattzeitlich 1200-500 v. Chr.	2	4
Borken, Westfalen	Bronzezeit-eisenzeitlich, 1200-500 v. Chr.	22	4
Augsburg, Bayern	Hallstattzeit, 800 v. Chr.	2	4
Wederath-Belginum, Hunsrück, Rheinland-Pfalz	Keltisch-römisch, 4. Jh. v.-4. Jh. n. Chr.	3	4
Feulen, Luxemburg	Keltisch-römisch, Mitte 2. Jh. v.-Beginn 1. Jh. n. Chr.	26	4
Bochum, Nordrhein-Westfalen	Römisch, 1.-3. Jh. n. Chr.	1	4
Mainz-Weisenau, Rheinland-Pfalz	Römisch, 1.-4. Jh. n. Chr.	8	4
Hambach, Nordrhein-Westfalen	Römisch, 3. Jh. n. Chr.	1	4

Tabelle 3 Chronologie und Anzahl der untersuchten Leichenbrände

Die prähistorischen Leichenbrandzähne wurden in der **Tabelle 3** chronologisch aufgelistet.

Bei den Leichenbränden war die Zuordnung der Zahnwurzeln zu dem jeweiligen Zahncode durch die Verbrennung und Bodenlagerung erschwert, aber nach den Wurzelmerkmalen noch möglich.

Da nach der Verbrennung die Zahnkronen durch die Hitze abgesprengt wurden und nur die Wurzeln übrig blieben, erfolgte die Zuordnung des Zahncodes der Leichenbrandzähne im Vergleich zu frischen, unverbrannten Zähnen nach den Wurzelmerkmalen. Dabei ist besonders eine Verwechslung von Zahnwurzeln der Incisivi mit denen der Prämolaren möglich, da es sich bei beiden Zahntypen -außer den ersten Prämolaren im Oberkiefer- um einwurzelige Zähne handelt, deren Wurzeln durchaus die gleiche Dicke und Länge haben können. Diese Zähne haben um 3-5 Jahre unterschiedliche Durchbruchszeiten, die bei der Altersbestimmung berücksichtigt werden müssen.

Lfd. Nummer	Grabnummer	Fundort	Geschlecht	Anthropologisches Alter	Zahncode
1	(Er 85 / 50) 2/III	Lich	?	nicht bestimmt	11
2	(Er 85 / 50) 2/III	Lich	?	nicht bestimmt	21

3	-	Bopfingen	M	30 – 50	21
4	-	Bopfingen	M	30 – 50	13

5	MKZ 4107 - 47/F10	Borken	?	nicht bestimmt	33
6	MKZ 4107 - 47/F10	Borken	?	nicht bestimmt	12
7	MKZ 4107 - 47/F6b	Borken	?	nicht bestimmt	41
8	MKZ 4107 - 7/F25	Borken	?	nicht bestimmt	34
9	MKZ 4107 - 7/F25	Borken	?	nicht bestimmt	12
10	MKZ 4107 - 7/F25	Borken	?	nicht bestimmt	41
11	MKZ 4107 - 7/F25	Borken	?	nicht bestimmt	22
12	MKZ 4107 -7/H4	Borken	?	nicht bestimmt	22
13	MKZ 4107 - 7/Knochenlager L	Borken	?	nicht bestimmt	14
14	MKZ 4107 - 47/F10	Borken	?	nicht bestimmt	22
15	MKZ 4107 - 7/F20a	Borken	?	nicht bestimmt	13
16	MKZ 4107 - 7/F10a	Borken	?	nicht bestimmt	41
17	MKZ 4107 - 7/F10a	Borken	?	nicht bestimmt	11
18	MKZ 4107 - 7/F3a	Borken	?	nicht bestimmt	24
29	MKZ 4107 - 7/F3a	Borken	?	nicht bestimmt	34
20	MKZ 4107 - 7/F3a	Borken	?	nicht bestimmt	13
21	MKZ 4107 - 7/Knochenlager L	Borken	?	nicht bestimmt	44
22	MKZ 4107 - 7/Knochenlager L	Borken	?	nicht bestimmt	23
23	MKZ 4107 - 7/Knochenlager L	Borken	?	nicht bestimmt	42
24	MKZ 4107 - 7/F9 (LBNest)	Borken	?	nicht bestimmt	42
25	MKZ 4107 -7/Hügel 1 oberesGrab	Borken	?	nicht bestimmt	41
26	MKZ 4107 -7/Hügel 1 oberesGrab	Borken	?	nicht bestimmt	12

Tabelle 4: Individualbefunde der prähistorischen Zähne

Lfd. Nummer	Grabnummer	Fundort	Geschlecht	Anthropologisches Alter	Zahncode
27	FK 2	Augsburg	M	50 - 70	13
28	Siemens 317 FK	Augsburg	?	nicht bestimmt	41

29	336	Wederath	M	erw.	47
30	1798	Wederath	?	nicht bestimmt	47
31	1609	Wederath	?	nicht bestimmt	45

32	151 - 1	Feulen	M	>60	32
33	145 - 1	Feulen	W	20 - X	26
34	145 - 1	Feulen	W	20 - X	26
35	163 - 1	Feulen	M	erw.	45
36	98 - 3	Feulen	M	20 - 40	11
37	85 - 1	Feulen	W	20 - 40	14
38	30 - 3a	Feulen	M	30 - 50	48
39	167 - 1	Feulen	?	nicht bestimmt	?
40	61 - 1	Feulen	?	7 - 13	46
41	107 - 1	Feulen	W	Erw.	31
42	101 - 1	Feulen	M	20 - 40	36
43	83 - 1	Feulen	W	20 - 40	?
44	177 - 1	Feulen	W	Erw.	14
45	173 - 1	Feulen	M	40 - 60	31
46	-	Feulen	W	20 - 40	36
47	2001	Feulen	?	Erw.	36
48	175 - 1	Feulen	M	40 - 60	12
49	175 - 1	Feulen	M	40 - 60	22
50	97 - 3a(1)	Feulen	W	20 - 40	32
51	97 - 3a(1)	Feulen	W	20 - 40	31
52	82 - 1	Feulen	M	20 - 40	21
53	82 - 1	Feulen	M	10 - 12	11
54	87 - 1	Feulen	W	20 - 40	36
55	87 - 1	Feulen	W	20 - 40	37
56	71 - 1	Feulen	M	erw.	31
57	71 - 1	Feulen	M	erw.	41

58	-	Bochum	M	~30	25
----	---	--------	---	-----	----

Fortsetzung **Tabelle 4**

Lfd. Nummer	Grabnummer	Fundort	Geschlecht	Anthropologisches Alter	Zahncode
59	210	MZ-Weisenau	?	40 – 60	15
60	229	MZ-Weisenau	M	20 – 40	13
61	229	MZ-Weisenau	M	20 – 40	21
62	229	MZ-Weisenau	M	20 – 40	15
63	-	MZ-Weisenau	?	20 - 30	44
64	210	MZ-Weisenau	?	>60	13
65	210	MZ-Weisenau	?	>60	21
66	148	MZ-Weisenau	W	>60	42
67	Ha 98/126	Hambach	W	>50	23

Fortsetzung **Tabelle 4**

3.2. Methoden

3.2.1. Experimentelle Verbrennung der rezenten Zähne

Die experimentelle Verbrennung der rezenten Zähne erfolgte in einem Muffelofen (Heraeus, Hanau) bei verschiedenen Temperaturen. Jeweils 10 Zähne wurden für 30 Minuten bei 250°C, 400°C, 550°C, 700°C und 900°C verbrannt.

3.2.2. Einbettung der rezenten und prähistorischen Zähne

Das präparatorische Vorgehen orientierte sich in den wesentlichen Punkten an den Angaben von GROßKOPF (1990).

In Anbetracht der Materialbeschaffenheit erschien die Herstellung von Schnittpräparaten mittels Sägemikrotom am nativen Material nicht erfolgversprechend zu sein. Deshalb wurde die Einbettung des verbrannten Zahnmaterials vor der Schnittherstellung in Epoxidharz Biodur (Fa. Biodur Products, Heidelberg), das aus zwei Komponenten besteht, durchgeführt. Es handelt sich um das Epoxidharz Biodur E 12 und den entsprechenden Härter E1, die im Verhältnis von 100:30 gemischt werden. Die Zähne wurden in Einbettungsformen (Eppendorfgefäßchen) gelegt und diese dann mit Biodur aufgefüllt, bis die Zahnwurzel komplett bedeckt war. Anschließend wurden die Präparate für 24 Stunden in einem Vakuum belassen.

Das Eindringen der Einbettmasse in den Zahn durch das Vakuum brachte leider keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Beim Sägen lösten sich Teile des Zementes heraus und es traten Risse auf, wodurch eine Analyse der Zementringe histologisch sehr erschwert wurde.

Um diese Schäden zu verhindern, wurde versucht, die Zähne unter Druck einzubetten. Hierfür wurde ein Drucktopf der Firma Schüler verwendet und die Präparate 48 Stunden bei 2 bar Überdruck behandelt. Die Einbettung unter Druck brachte ein wesentlich besseres Ergebnis bezüglich der Verbindung zwischen Zahn und Einbettmasse. Dies liegt wahrscheinlich darin begründet, dass es durch den Druck zu einer Komprimierung und dadurch zu einer besseren Verbindung zwischen dem Objekt und dem Einbettungsmedium kommt.

Nach der Aushärtung der Einbettmasse konnten die Zahnpräparate mit dem Sägemikrotom geschnitten werden.

3.2.3. Sägemikrotomie

Für die Untersuchungen wurden aus dem mittleren Drittel der Zahnwurzeln jeweils drei Schnitte von ca. 80 µm Stärke angefertigt.

Dickere Schnitte von 100 µm und stärker erwiesen sich im Phasenkontrastmikroskop als ungünstig, da dann wegen ungenauer Darstellung der Ringe eine Auswertung nicht möglich ist.

Bei zu dünnen Schnitten besteht die Gefahr, dass das Objekt zerstört wird.

Zur Herstellung der Schnitte wurde ein Sägemikrotom der Firma Leica verwendet (Leica SP 1600 - Saw Microtome, Wetzlar).

Der zu schneidende Zahn wird in die Halterung eingespannt.

Vor dem ersten Schnitt muss die Null - Ebene des Objektes festgelegt werden.

Hierbei wird in der gewünschten Ebene das erste Drittel der Wurzelspitze getrimmt.

Bevor der erste Schnitt erfolgen kann, wurde die Wasserzufuhr des Mikrotoms auf das Sägeblatt geöffnet und die Arretierung gelöst.

Das Leica SP 1600 Saw Microtome verfügt über einen Geschwindigkeitsregler, mit dem die Sägegeschwindigkeit eingestellt werden kann. Um Zeit zu sparen, kann das Objekt mit einer höheren Geschwindigkeit an das Sägeblatt herangeführt werden. Es ist aber wichtig, die Geschwindigkeit kurz vor dem ersten Kontakt des Objektes mit dem Sägeblatt zu reduzieren.

Die eingravierten Zahlen auf dem Geschwindigkeitsregler sind keine echte Zeitangaben sondern nur Richtlinien.

Für diese Untersuchung wurde der Regler auf 20 eingestellt, da die Schnitte sonst durch zu schnelles Heranfahren des Sägeblattes beschädigt werden könnten. Nach dem Schneiden wurde der Objektarm wieder in seine ursprüngliche Position zurückgeführt und arretiert.

Dieser Schritt wurde dann für den nächsten Schnitt wiederholt.

Es lassen sich jedoch keine echten Serienschritte herstellen, da zu beachten ist, dass der Abtrag des Sägeblattes immer miteinbezogen werden muss. Dieser Materialverlust beträgt ca. 300µm.

3.2.4. Mikroskopie

3.2.4.1. Herstellung mikroskopischer Präparate

Die Schnitte wurden unbehandelt auf einen Objektträger mit einem Tropfen „Vo - Mount“ (Vo – Mount - Eindeckmedium / Mountingmedium HLP-00801) gebracht und dann mit einem Deckgläschen luftfrei abgedeckt.

Nach 24 Stunden konnten die Schnitte nach Aushärtung der Eindeckung mit Vo - Mount unter dem Mikroskop betrachtet werden.

Die Zähne wurden am Anfang der Untersuchung codiert, so dass während der Auszählung der Schnitte keine Informationen zur Verfügung standen.

3.2.4.2. Analyse unter dem Lichtmikroskop

Das Auszählen der Zementringe unter dem Lichtmikroskop (Leitz-Ortholux II, Wetzlar) erfolgte bei 1000 bzw. 1600facher Vergrößerung. Durch ständiges „Fokussieren des Objektes“ konnten die Ringe deutlich dargestellt werden und die Überlagerung der Strukturen durch die unterschiedliche Objektdicke ausgeglichen werden.

3.2.4.3. Analyse im Rasterelektronenmikroskop (REM)

Ergänzend wurden Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop (PHILIPS XL 20, Eindhoven; NL) durchgeführt. Da mit dem Rasterelektronenmikroskop nur leitende Oberflächen dargestellt werden können, mussten die Proben speziell präpariert werden. Es wurden vier Blöckchen aus einem rezenten, einem bodengelagerten, bei 250 °C verbrannten und bei 900 °C verbrannten Zahn hergestellt. Durch Aufdampfen eines Metallfilmes (z. B. Gold) wurden die Oberflächen der Blöckchen leitend gemacht. Dabei war darauf zu achten, dass die Schicht nicht zu dick aufgedampft wurde, da sonst die feinen Strukturen des Objekts abgedeckt worden wären. Da die Abtastung der Oberfläche mit dem Elektronenstrahl im Hochvakuum stattfand, mussten die Objekte außerdem vor dem Bedampfen so präpariert werden, dass sie absolut wasserfrei waren (FUJITA et al.1986). Die Ergebnisse wurden in den Abbildungen 5 und 6 veranschaulicht.

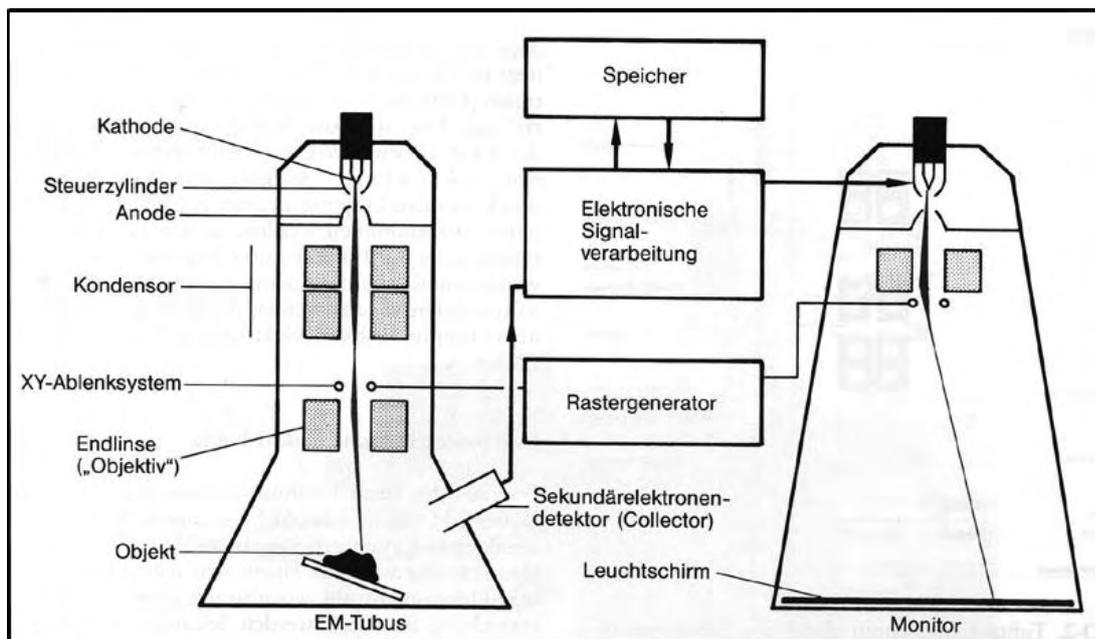


Abb. 4: Aufbau des REM (ulm.de/elektronenmikroskopi/REMHerbst2001.html)

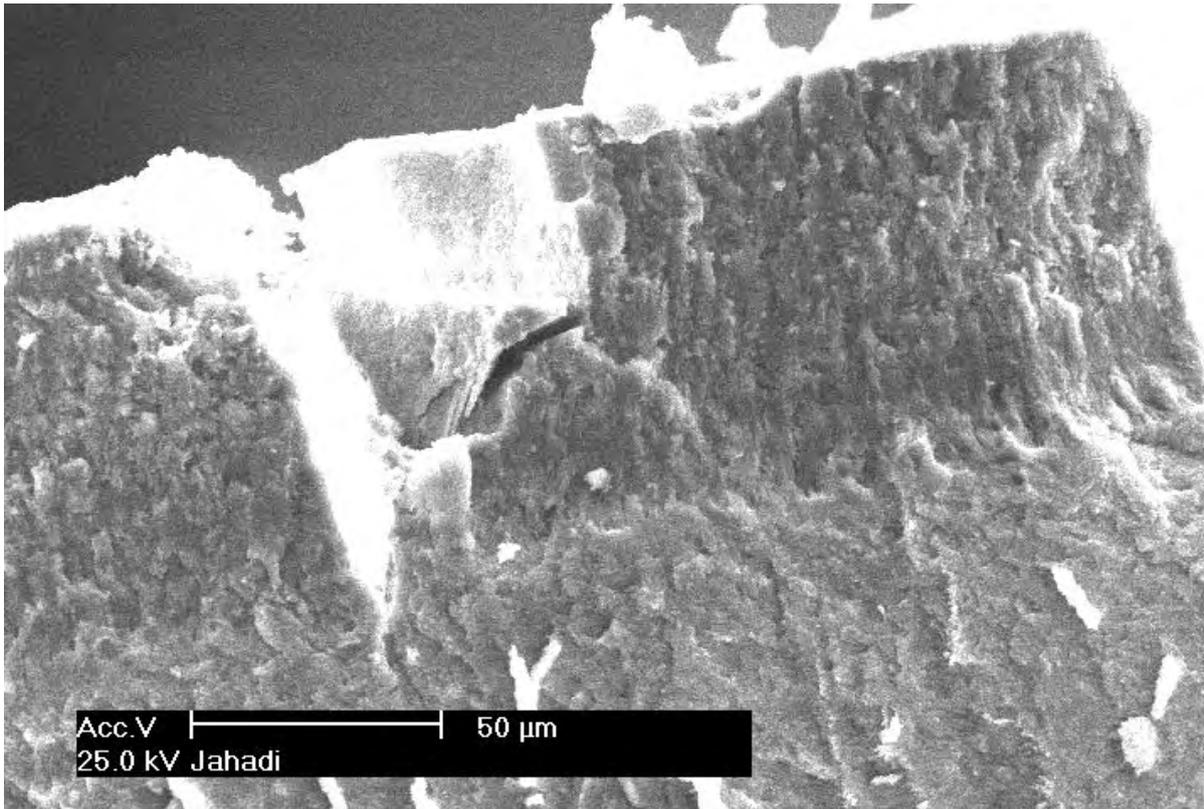


Abb.5: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (500fach Vergr.), Zahn 12 eines 51 Jahre alten Mannes (Z 50)

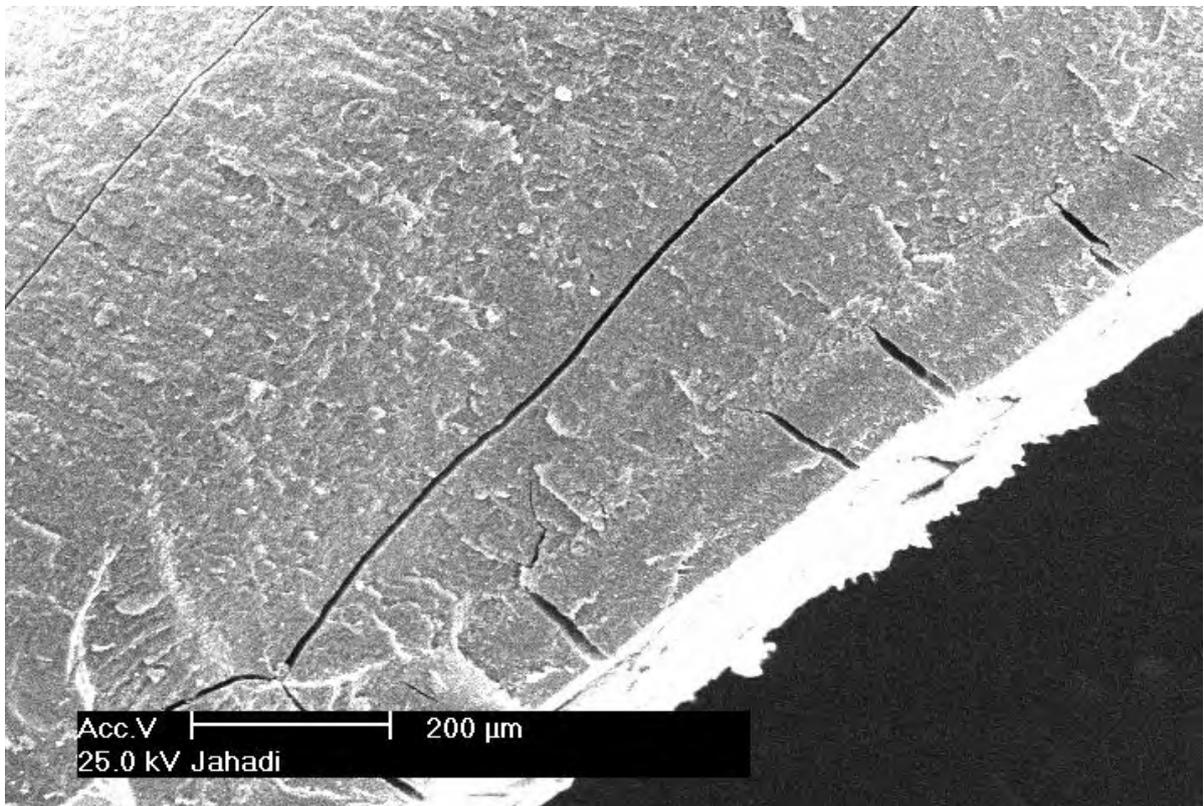


Abb.6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (190fach Vergr.), Zahn 44 einer 66 Jahre alten Frau (Z 1)

4. Ergebnisse der experimentellen Verbrennung rezenter Zähne und von Zähnen aus prähistorischen Leichenbränden

4.1. Experimentell verbrannte rezente Zähne

4.1.1. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 250°C

Insgesamt wurden 10 rezente Zähne bei einer Expositionstemperatur von 250°C verbrannt und auf das Vorhandensein von Zementringen zur Altersbestimmung untersucht. Davon lieferten 7 Zähne ein positives Ergebnis, während bei den übrigen 3 Zähnen ein Auszählen der Ringe nicht möglich war. Tabelle 5 und Abbildung 7 zeigen die Differenz zwischen dem chronologischen und ermittelten Alter. Beim Zahn Z1 war das geschätzte Alter um 5 Jahre höher als das chronologische Alter. Die Zähne Z4, Z5, Z6 und Z7 stammen von ein und demselben Patienten. Auch hier war festzustellen, dass das geschätzte Alter bei allen vier Untersuchungen mit einer Differenz von 5,5 bis 0,8 Jahren vom tatsächlichen Alter abweicht und zwar höher (Z1, Z4) und niedriger (Z5, Z6, Z7). Bei den Zähnen Z9 und Z10 handelt es sich um Zähne desselben Patienten. Die Abweichung ist hier am größten. Sie betrug zwischen 37,3 und 18,3 Jahren. Bei den Zähnen Z2, Z3 und Z8 war keine Zählung der Jahresringe möglich.

In **Tabelle 5** sind in der Spalte 1 die lfd. Zahnnummer, in Spalte 2 die Zahnfarbe, unter 3 die Zahnposition zu finden. Die Zählung der Ringe sowie der Mittelwert der Zählung sind in den Spalten 4-7 dargestellt (Zähne bei denen der Schliff nicht möglich war, sind mit X und bei denen, wo die Ringe nicht sichtbar waren, mit 0 gekennzeichnet). Der Zahndurchbruch ist unter Nummer 8 angegeben. Zusammen mit dem Mittelwert ergibt er das ermittelte Alter (Spalte 9). Unter Nummer 10 findet sich das chronologische Alter des Individuums angegeben.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Chronologisches Alter
Z1	braun	44	60	63	60	61	10	71	66
Z2	braun	38	0	0	0	0	18	-	24
Z3	braun	28	X	X	X	X	18	-	24
Z4	braun	32	40	38	40	39,3	7,5	43,8	43
Z5	braun	41	35	39	35	36,3	6,5	42,8	43
Z6	braun	31	33	30	30	31	6,5	37,5	43
Z7	braun	42	32	32	33	32,3	7,5	39,8	43
Z8	braun	28	X	X	X	X	18	-	22
Z9	braun	48	42	42	40	41,3	18	59,3	22
Z10	braun	18	22	23	22	22,3	18	40,3	22

Tabelle 5: Ergebnisse der Altersbestimmung der experimentell verbrannten Zähne bei 250°C

Vergleicht man das ermittelte Alter mit dem chronologischen Alter, so ergibt sich für Zahn 1, Zahn 4, Zahn 9 und Zahn 10, dass das ermittelte Alter höher ist als das chronologische. Bei dem Zahn 5, Zahn 6 und 7 liegt das ermittelte Alter niedriger als das chronologische.

Bei Zahn 2, 3 und 8 war keine Zählung möglich.

In der Abbildung 7 werden diese Verhältnisse graphisch dargestellt.

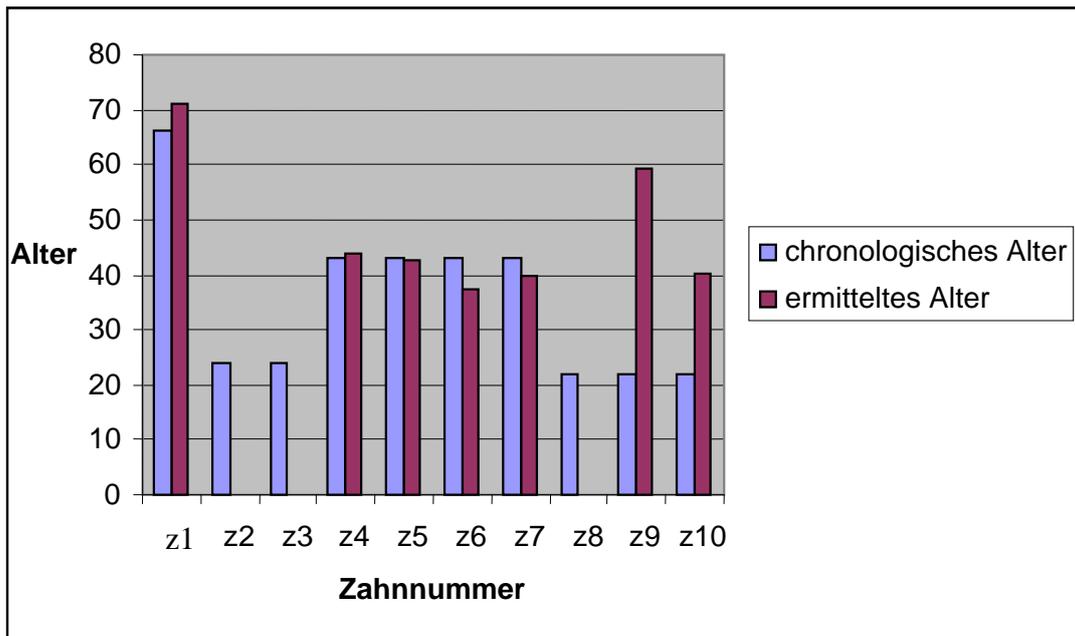


Abb.7: Abweichung des chronologischen Alters vom ermittelten Alter bei 250°C

4.1.2. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 400°C

Die **Tabelle 6** sowie die **Abbildung 8** zeigen, dass bei der Expositionstemperatur von 400°C die Zementringe nur noch an zwei Zähnen erkennbar waren. Beim Zahn Z11 ergab sich eine Differenz von 6,8 Jahren und beim Zahn Z16 eine Abweichung von 8,3 Jahren. In beiden Fällen ist das ermittelte Alter höher als das chronologische. Bei den übrigen Zähnen (Z12, Z13, Z14, Z15, Z17, Z18, Z19, Z20) war die Darstellung der Ringe nicht möglich.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Zahn-Position	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Chronologisches Alter
Z11	Dunkelbraun	42	66	75	76	72,3	7,5	79.8	73
Z12	Dunkelbraun	48	0	0	0	0	18	-	33
Z13	Dunkelbraun	18	0	0	0	0	18	-	33
Z14	Dunkelbraun	42	0	0	0	0	7,5	-	73
Z15	Dunkelbraun	41	0	0	0	0	6,5	-	73
Z16	Dunkelbraun	11	36	35	35	35,3	7	42.3	34
Z17	Dunkelbraun	37	0	0	0	0	11,5	-	39
Z18	Dunkelbraun	26	0	0	0	0	6,5	-	47
Z19	Dunkelbraun	38	0	0	0	0	18	-	33
Z20	Dunkelbraun	28	0	0	0	0	18	-	33

Tabelle 6: Ergebnisse der Altersbestimmung der experimentell verbrannten Zähne bei 400°C

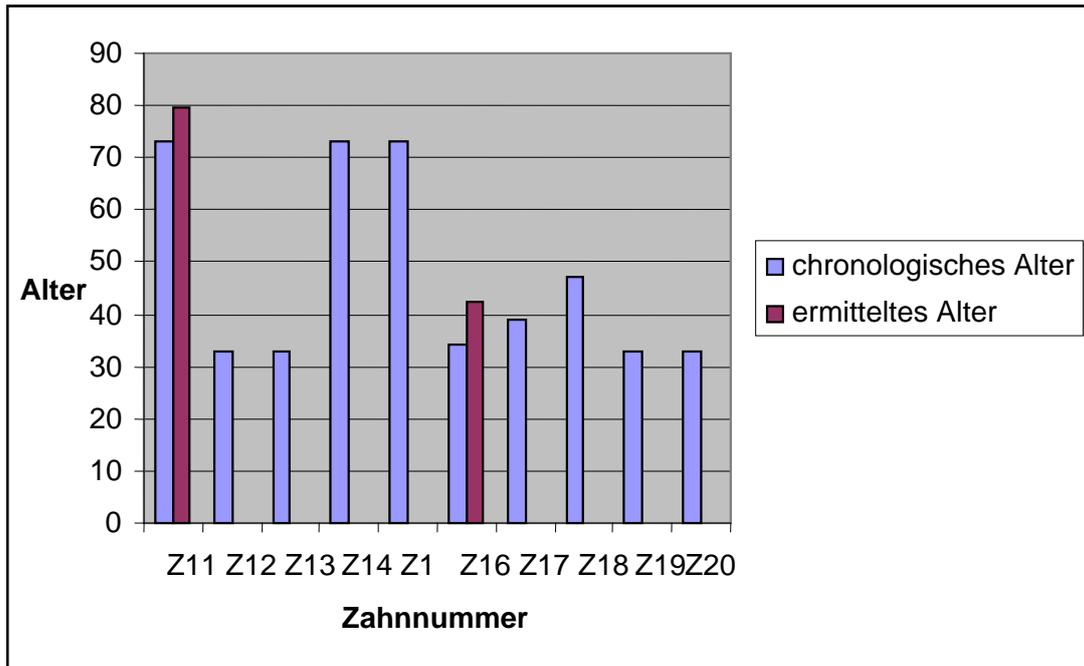


Abb. 8: Abweichung des chronologischen Alters vom ermittelten Alter bei 400°C

4.1.3. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 550°C

Aus **Tabelle 7** sowie **Abbildung 9** geht hervor, dass auch bei einer Temperatur von 550°C an nur zwei Zähnen die Zuwachsringe darstellbar waren. Der Unterschied vom chronologischen zum geschätzten Alter des Zahnes Z21 betrug 3,8 Jahre und beim Zahn Z23 13,3 Jahre. Bei Zahn 21 ist das ermittelte Alter höher als das chronologische. Bei Zahn 23 ist es umgekehrt.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Zahn Position	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Chronologisches Alter
Z21	Dunkelbraun	32	30	35	35	33,3	7,5	40,8	37
Z22	Dunkelbraun	18	0	0	0	0	18	-	24
Z23	Dunkelbraun	13	45	45	44	44,7	11	55,7	69
Z24	Dunkelbraun	48	0	0	0	0	18	-	39
Z25	Dunkelbraun	42	0	0	0	0	7,5	-	52
Z26	Dunkelbraun	45	0	0	0	0	11	-	62
Z27	Dunkelbraun	34	0	0	0	0	10	-	59
Z28	Dunkelbraun	18	0	0	0	0	18	-	32
Z29	Dunkelbraun	16	0	0	0	0	6,5	-	59
Z30	Dunkelbraun	18	0	0	0	0	18	-	35

Tabelle 7: Ergebnisse der Altersbestimmung der experimentell verbrannten Zähne bei 550°C

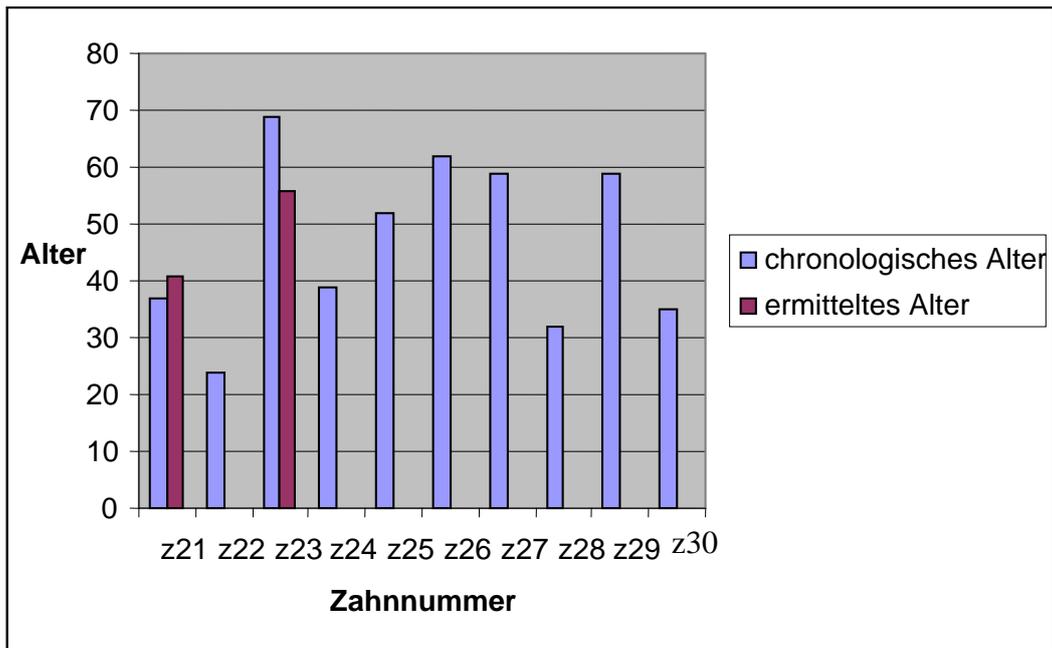


Abb.9: Abweichung des chronologischen Alters vom ermittelten Alter bei 550°C

4.1.4. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 700°C

Tabelle 8 ergibt, dass bei 700°C an keinem Zahn mehr Zementringe erkennbar waren.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Zahn-Position	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Chronologisches Alter
Z31	Dunkelgrau	15	0	0	0	0	11	-	52
Z32	Dunkelgrau	45	0	0	0	0	11	-	56
Z33	Dunkelgrau	43	0	0	0	0	10	-	59
Z34	Dunkelgrau	31	0	0	0	0	6,5	-	37
Z35	Dunkelgrau	15	0	0	0	0	11	-	45
Z36	Dunkelgrau	18	0	0	0	0	18	-	17
Z37	Dunkelgrau	28	0	0	0	0	18	-	42
Z38	Dunkelgrau	38	0	0	0	0	18	-	22
Z39	Dunkelbraun	18	0	0	0	0	18	-	22
Z40	Dunkelgrau	13	0	0	0	0	11	-	37

Tabelle 8: Ergebnisse der Altersbestimmung der experimentell verbrannten Zähne bei 700°C

4.1.5. Ergebnisse der Verbrennung rezenter Zähne bei 900°C

Auch nach 900°C waren keine Jahresringe mehr erkennbar (**Tabelle 9**), so dass eine Auszählung nicht möglich war.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Chronologisches Alter
Z41	grau	22	0	0	0	0	8	-	27
Z42	grau	41	0	0	0	0	6,5	-	49
Z43	grau	23	0	0	0	0	11	-	59
Z44	grau	13	0	0	0	0	11	-	59
Z45	grau	23	0	0	0	0	11	-	27
Z46	grau	43	0	0	0	0	10	-	49
Z47	grau	44	0	0	0	0	10	-	68
Z48	grau	43	0	0	0	0	10	-	55
Z49	grau	12	0	0	0	0	8	-	60
Z50	grau	12	0	0	0	0	8	-	51

Tabelle 9: Ergebnisse der Altersbestimmung der experimentell verbrannten Zähne bei 900°C

Einige lichtmikroskopische Bilder der verbrannten rezenter Zähne werden in den Abbildungen 10- 18 dargestellt.

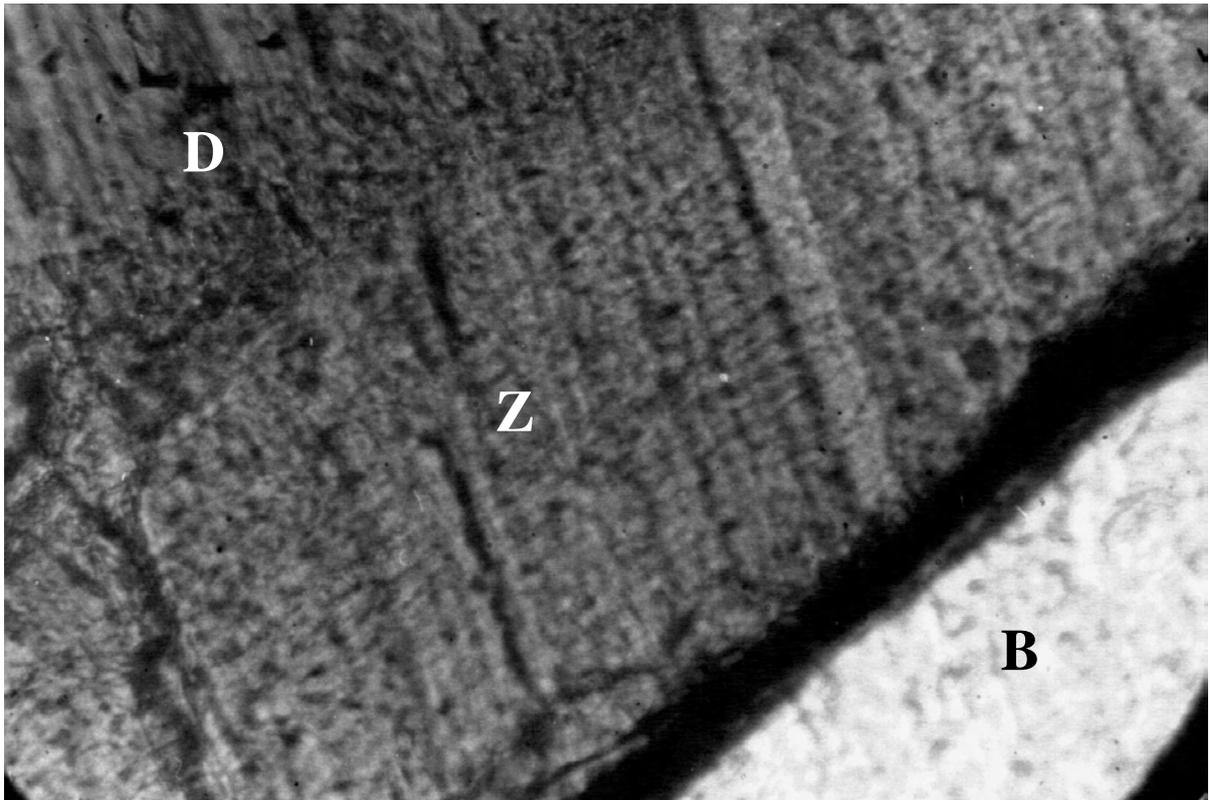


Abb.10: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation, Präparat Z4, 43 Jahre
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1600facheVergrößerung)

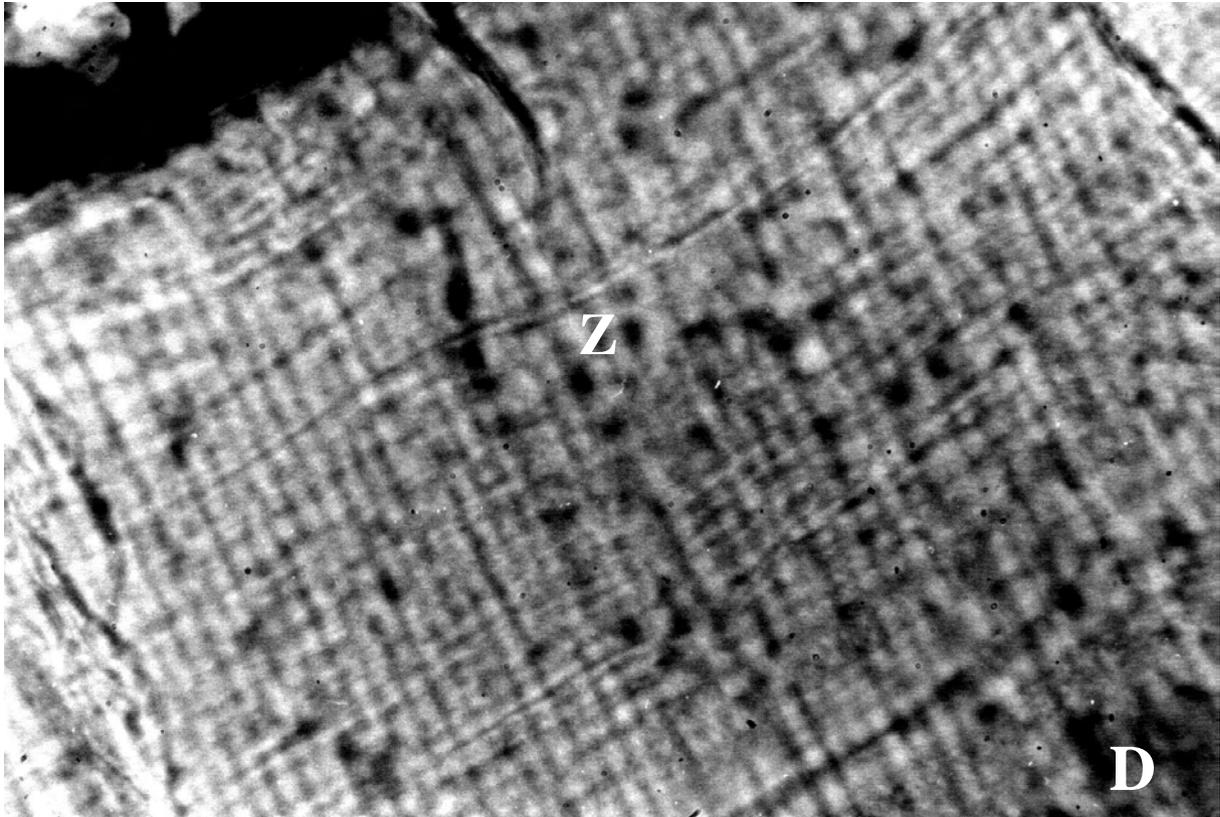


Abb.11: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation, Präparat Z11, 73 Jahre
Z= Zement; D= Dentin; (ca. 1600facheVergrößerung)

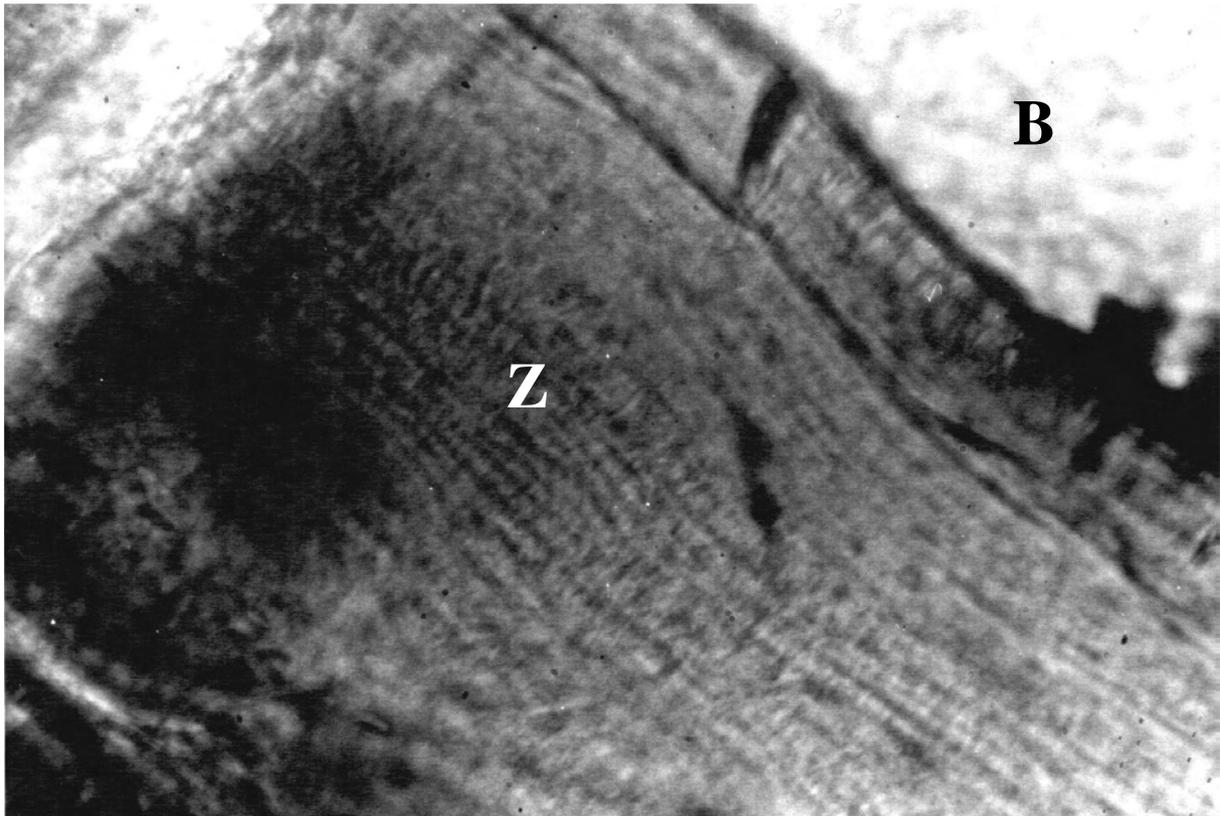


Abb.12: Dünnschnittpräparat; Zahnzementanulation; Präparat Z23, 69 Jahre
Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1600fache Vergrößerung)

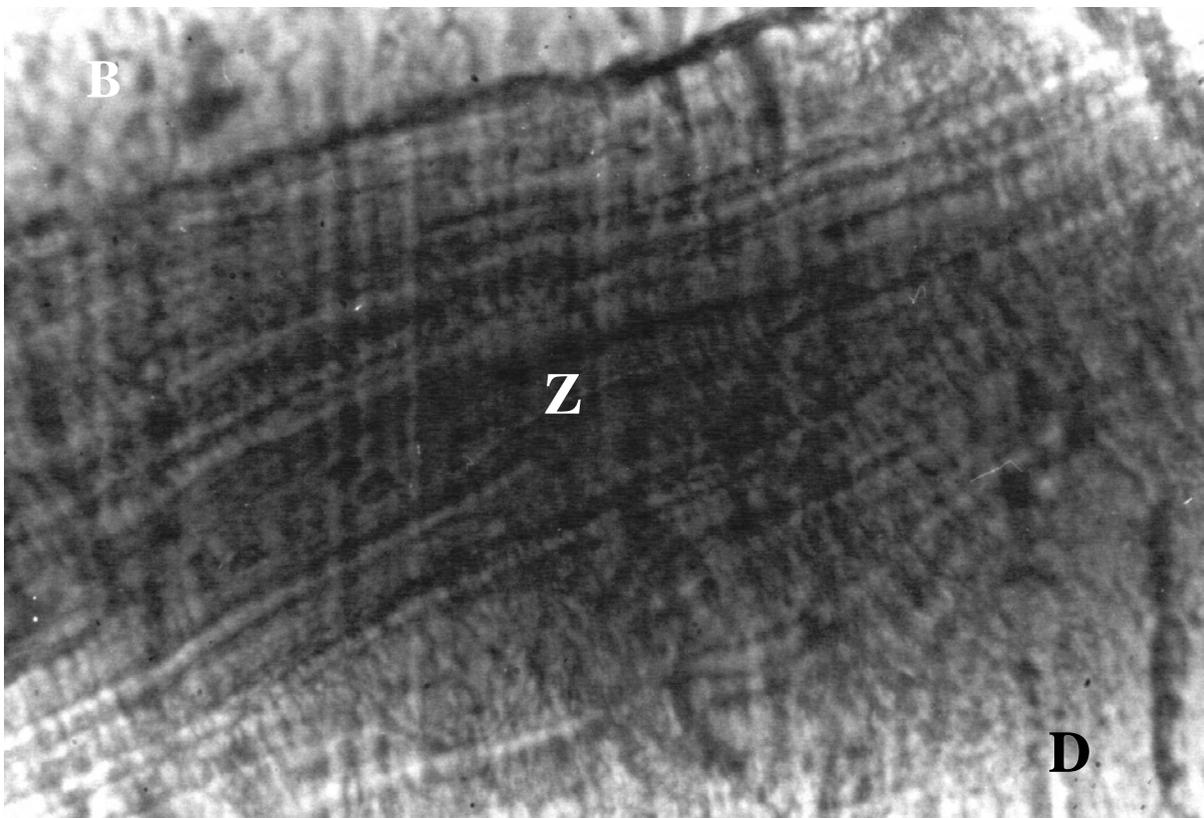


Abb.13: Dünnschnittpräparat; Zahnzementanulation; Präparat Z31, 52 Jahre,
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1600fache Vergrößerung)

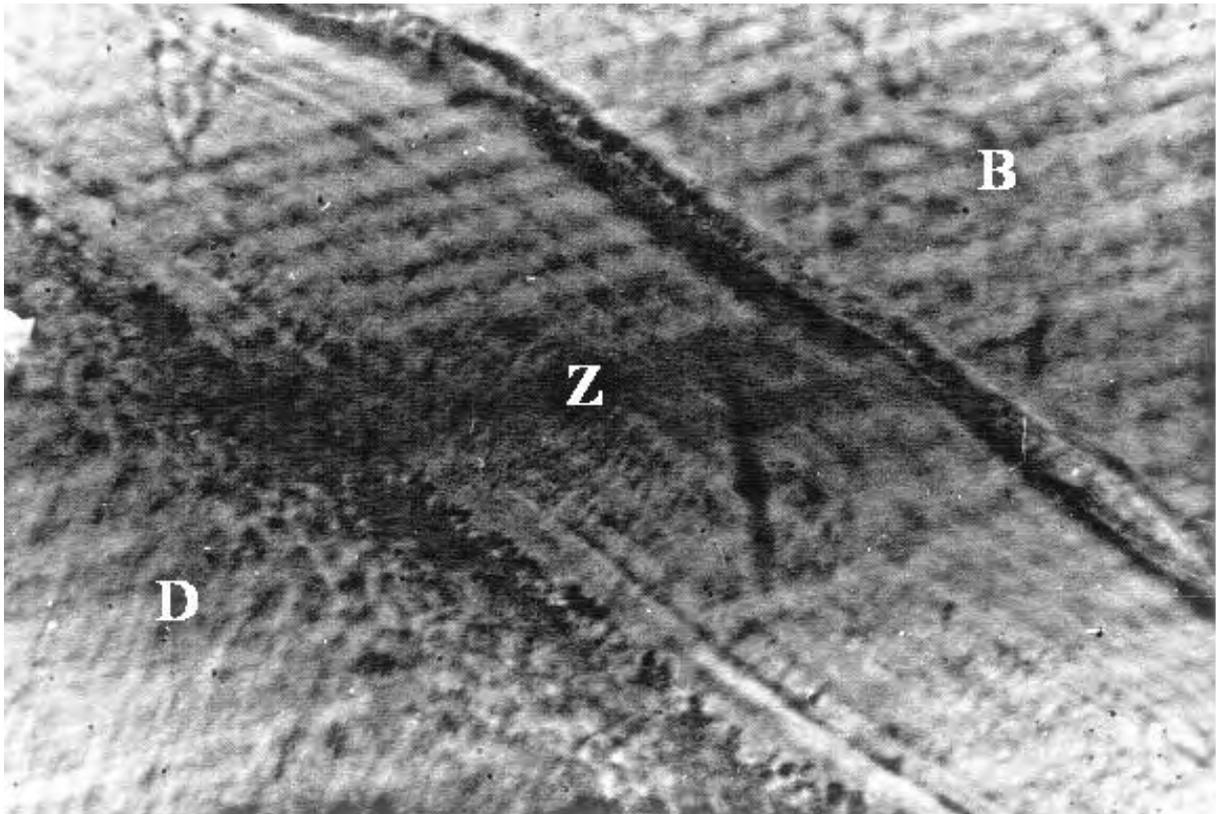


Abb.14: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation; Präparat Z33, 59 Jahre
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1000fache Vergrößerung)

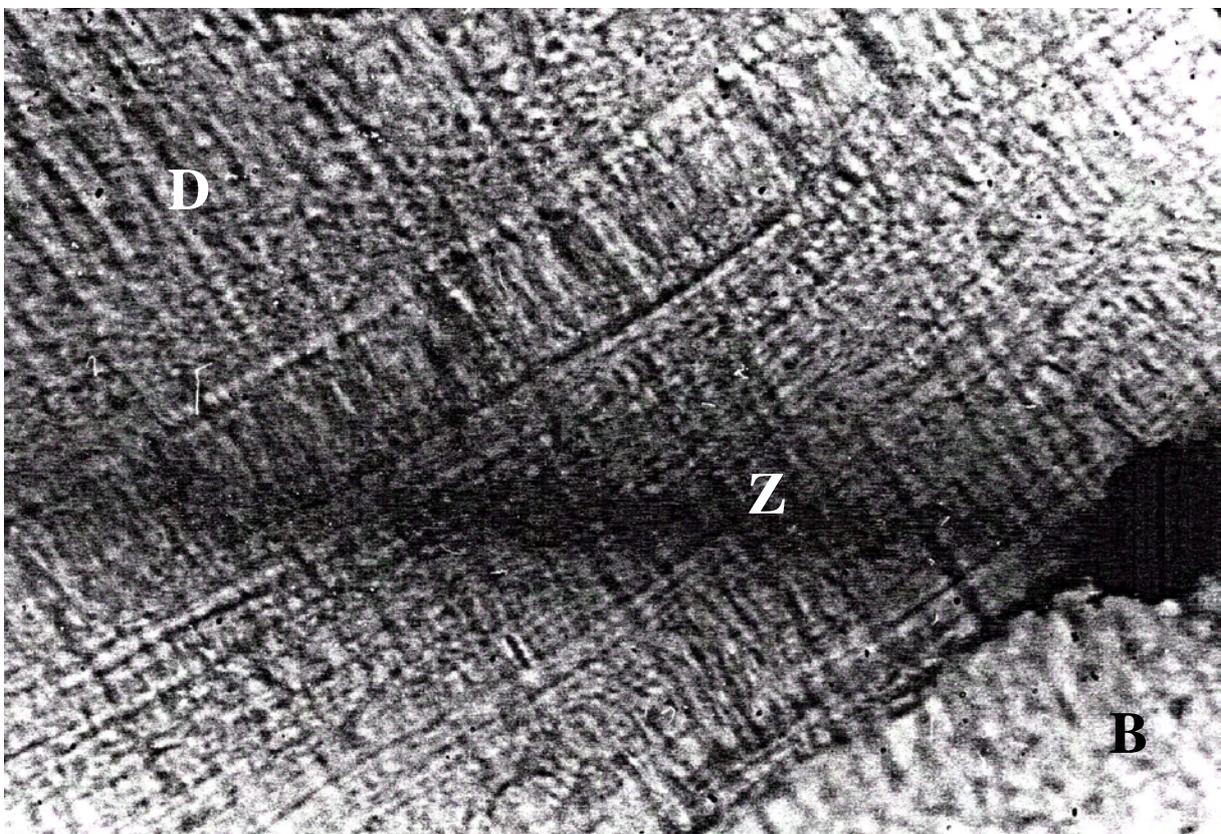


Abb.15: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation; Präparat Z7, 43 Jahre
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1000fache Vergrößerung)

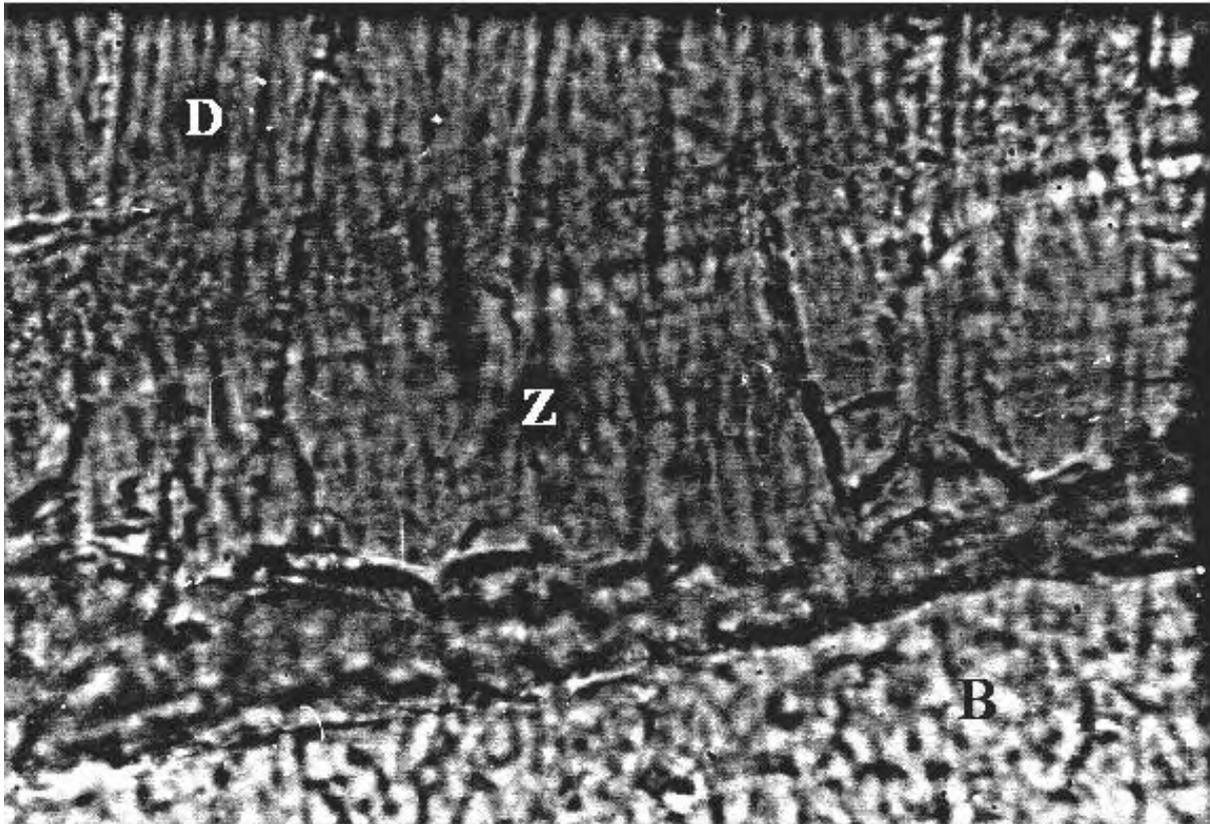


Abb.16: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation; Präparat Z35, 45 Jahre
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur (ca. 1000fache Vergrößerung)

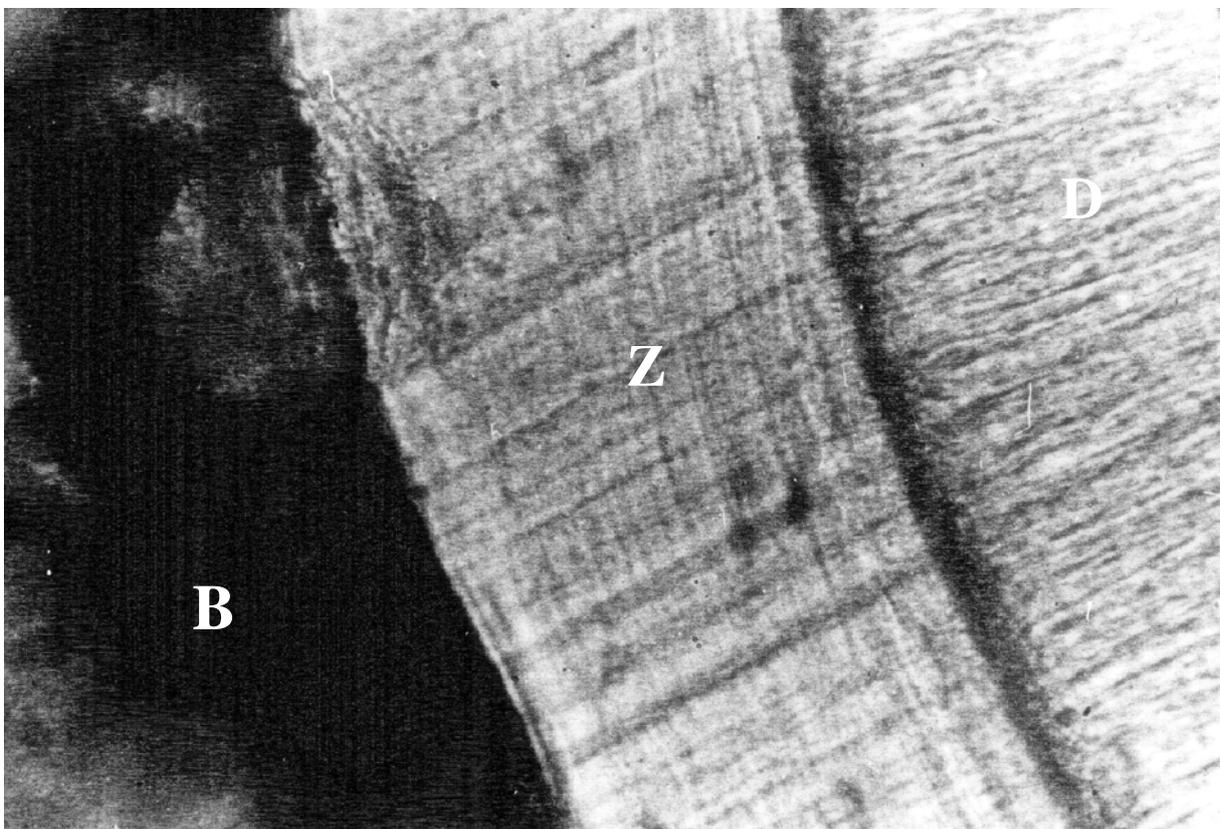


Abb.17: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation; Präparat Z23, 69 Jahre
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1000fache Vergrößerung)

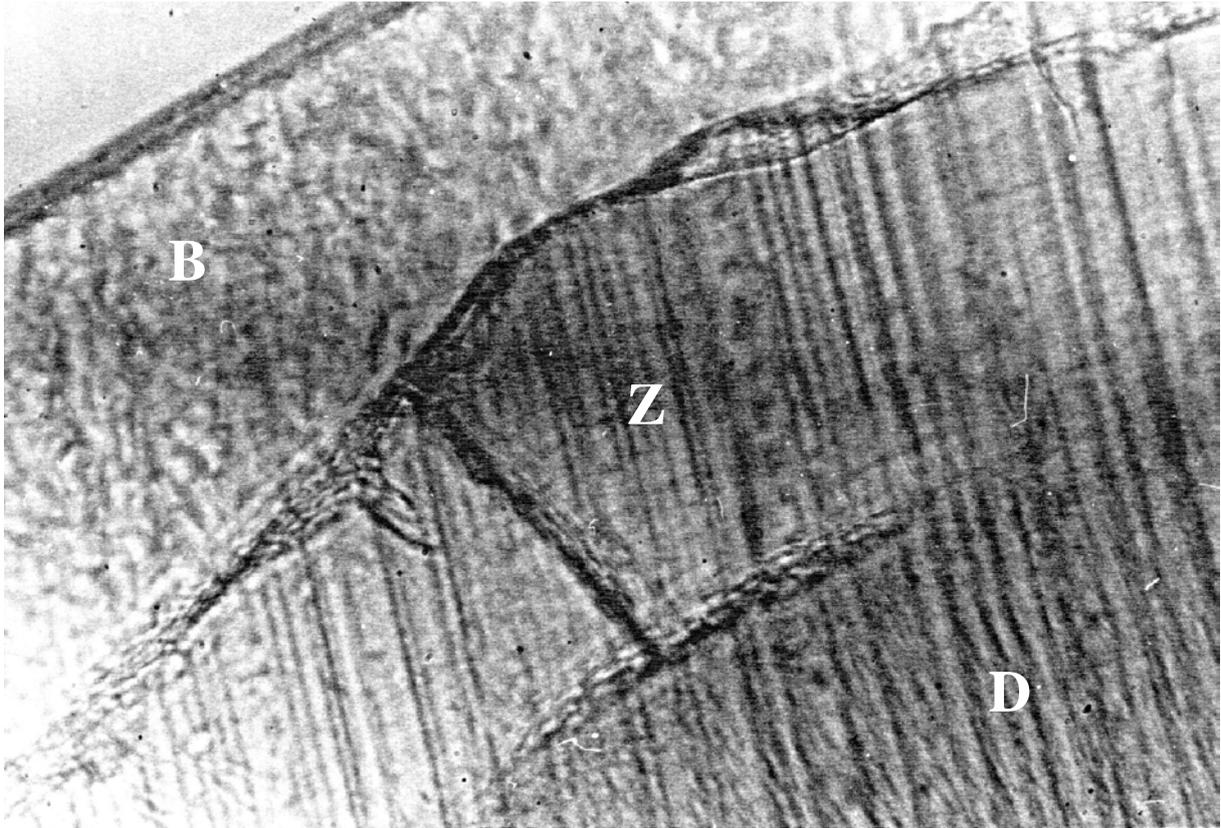


Abb.18: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulotion, Präparat Z26, 62 Jahre
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1000fache Vergrößerung)

4.2. Zähne aus prähistorischen Leichenbränden

4.2.1. Leichenbrandzähne aus Lich

Die **Tabelle 10** zeigt in der Übersicht die Befunde der Zähne aus Lich. Zementringe konnten nicht festgestellt werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
1	grau	Lich	(Er 85 / 50) 2/III	11	0	0	0	0	7	-	?
2	grau	Lich	(Er 85 / 50) 2/III	11	0	0	0	0	7	-	?

Tabelle 10: Ergebnisse der Altersbestimmung bei prähistorischen Leichenbrandzähnen aus Lich

4.2.2. Leichenbrandzähne aus Bopfingen

Tabelle 11 gibt eine Übersicht der Leichenbrandzähne aus Bopfingen und zeigt, dass bei Zahn 3 die Zementringe auszählbar waren, wobei das geschätzte Alter im Bereich des anthropologischen Schätzalters lag.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grab Nummer	Zahn-Position	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
3	Braun	Bopfingen	-	21	33	34	33	33,3	7	40,3	30-50
4	Braun	Bopfingen	-	13	0	0	0	0	11	-	30-50

Tabelle 11: Ergebnisse der Altersbestimmung bei prähistorischen Leichenbrandzähnen aus Bopfingen

Vergleicht man das ermittelte Alter mit dem anthropologischen Schätzalter, so ergibt sich bei Zahn 3 aus Bopfingen, dass das ermittelte Alter im Bereich des anthropologischen Schätzalters lag. Bei Zahn 4 war eine Zählung der Jahresringe nicht möglich.

4.2.3. Leichenbrandzähne aus Borken

Tabelle 12 zeigt Untersuchungsbefunde der Leichenbrandzähne aus Borken.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grab Nummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skelettalter
5	Mittel - grau	Borken	MKZ 4107-47/F10	33	0	0	0	0	10	-	?
6	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-47/F10	12	0	0	0	0	8	-	?
7	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-47/F6b	41	0	0	0	0	6,5	-	?
8	Mittel - grau	Borken	MKZ 4107-7/F25	34	0	0	0	0	10	-	?
9	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/F25	12	0	0	0	0	8	-	?
10	braun	Borken	MKZ 4107-7/F25	41	0	0	0	0	6,5	-	?
11	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/F25	22	37	38	38	37,7	8	45,7	?
12	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/Hügel 4	22	0	0	0	0	8		?
13	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-77/Knochenlager L	14	55	50	52	52,3	10	62,3	?

Tabelle 12: Ergebnisse der Altersbestimmung bei prähistorischen Leichenbrandzähnen aus Borken

Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grab Nummer	Zahn-Position	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
14	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-47/F10	22	X	X	X	X	8	-	?
15	weiß bis grau	Borken	MKZ41077/F20a	13	0	0	0	0	11	-	?
16	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/F10a	41	X	X	X	X	6,5	-	?
17	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/F10a	11	X	X	X	X	10	-	?
18	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/F3a	24	X	X	X	X	10	-	?
19	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/F3a	34	X	X	X	X	11	-	?
20	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/F3a	13	X	X	X	X	11	-	?
21	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/Knochenlager L	44	0	0	0	0	10	-	?
22	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/Knochenlager L	23	0	0	0	0	7,5	-	?
23	Weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/Knochenlager L	42	0	0	0	0	7,5	-	?
24	brau	Borken	MKZ 4107-7/F9 (LBNest)	42	0	0	0	0	7,5	-	?
25	weiß bis grau	Borken	MKZ 4107-7/Hügel 1 oberes Grab	41	0	0	0	0	6,5	-	?
26	grau	Borken	MKZ 4107-7/Hügel 1 oberes Grab	12	0	0	0	0	8	-	?

Fortsetzung **Tabelle 12**

Für die Zähne 5 bis 10, 12 und 14 bis 26 war keine Zählung der Jahresringe möglich. Bei Zahn 11 und 13 war das geschätzte Alter ermittelbar, jedoch war das anthropologische Alter nicht bestimmbar.

4.2.4. Leichenbrandzähne aus Augsburg

Tabelle 13 gibt eine Übersicht der Leichenbrandzähne aus Augsburg und zeigt, dass bei der Zahnnummer 28 die Zementringe auszählbar waren.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
27	Weiß bis grau	Augsburg	FK 2	13	0	0	0	0	11	-	50-70
28	grau	Augsburg	Siemens 317 FK	41	33	34	31	32,7	6,5	39,2	?

Tabelle 13: Ergebnisse der Altersbestimmung bei prähistorischen Leichenbrandzähnen aus Augsburg

Hier zeigt der Vergleich von ermitteltem Alter mit dem Skeletalter, dass bei Zahn 27 keine Zählung der Jahresringe möglich war. Bei Zahn 28 war das Alter zu ermitteln, jedoch war das Skeletalter nicht bekannt.

4.2.5. Leichenbrandzähne aus Wederath

Tabelle 14 zeigt Untersuchungsbefunde der Leichenbrandzähne aus Wederath.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
29	grau	Wederath	336	47	0	0	0	0	11,5	-	Erw.
30	grau	Wederath	1798	47	0	0	0	0	11,5	-	?
31	grau	Wederath	1609	44	X	X	X	X	10	-	?

Tabelle 14: Ergebnisse der Altersbestimmung bei prähistorischen Leichenbrandzähnen aus Wederath

Vergleicht man das ermittelte Alter mit dem Skeletalter Alter so ergibt sich für Zähne 29 bis 31, dass eine Zählung der Jahresringe nicht möglich war.

4.2.6. Leichenbrandzähne aus Feulen

Tabelle 15 gibt eine Übersicht der Leichenbrandzähne aus Feulen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skelettalter
32	grau	Feulen	151-1	32	0	0	0	0	7,5	-	>60
33	grau	Feulen	145-1	26	0	0	0	0	6,5	-	20-X
34	grau	Feulen	145-1	26	0	0	0	0	6,5	-	20-X
35	grau	Feulen	163-1	45	0	0	0	0	11	-	Erw.
36	grau	Feulen	98-3	11	X	X	X	X	7	-	20-40
37	Braun	Feulen	85-1	14	0	0	0	0	10	-	20-40
38	Weiß bis grau	Feulen	30-3a	48	0	0	0	0	18	-	30-50
39	weiß bis grau	Feulen	167-1	?	0	0	0	0		-	?
40	Grau	Feulen	61-1	46	0	0	0	0	6,5	-	7-13
41	grau, braun	Feulen	107-1	31	0	0	0	0	6,5	-	Erw.
42	grau, braun	Feulen	101-1	36	0	0	0	0	6,5	-	20-40
43	grau, braun	Feulen	83-1	?	0	0	0	0		-	20-40
44	grau, braun	Feulen	177-1	14	42	43	39	41,3	10	51,3	Erw.
45	gelb, weiß	Feulen	173-1	31	46	47	45	46	6,5	52,5	40-60
46	braun	Feulen	-	36	0	0	0	0	6,5	-	20-40
47	grau, braun	Feulen	2001	36	0	0	0	0	6,5	-	Erw.
48	grau, braun	Feulen	175-1	12	0	0	0	0	8	-	40-60
49	grau, braun	Feulen	175-1	22	0	0	0	0	8	-	40-60
50	gelb, weiß	Feulen	97-3a(1)	32	33	34	32	33	8	41	20-40

Tabelle 15: Ergebnisse der Altersbestimmung bei prähistorischen Leichenbrandzähnen aus Feulen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
51	grau, braun	Feulen	97-3a(1)	31	0	0	0	0	6,5	-	20-40
52	grau, braun	Feulen	82-1	21	0	0	0	0	7	-	20-40
53	grau, braun	Feulen	82-1	11	0	0	0	0	7	-	10-12
54	grau, braun	Feulen	87-1	36	0	0	0	0	6,5	-	20-40
55	grau, braun	Feulen	87-1	37	0	0	0	0	11,5	-	20-40
56	grau, braun	Feulen	71-1	31	22	24	23	23	6,5	29,5	Erw.
57	grau	Feulen	71-1	41	21	22	21	21,3	6,5	27,8	Erw.

Fortsetzung **Tabelle 15**

Vergleicht man das ermittelte Alter mit dem Skeletalter, so ergibt sich für die Zähne 32 bis 43, 46 bis 49 und 51 bis 55 keine Auszählungsmöglichkeit der Jahresringe und somit keine Altersbestimmung. Für den Zahn 44 wurde das ermittelte Alter mit 51,3 Jahren, bei Zahn 45 mit 52,5, bei Zahn 50 mit 41, bei Zahn 56 mit 29,5 Jahren und bei Zahn 57 mit 27,8 Jahren angegeben.

Bei Zahn 44, 56 und 57 konnte das Skeletalter nur mit "Erwachsen" angegeben werden. Für Zahn 45 wurde das Skeletalter mit 40 bis 60 Jahren, für Zahn 50 mit 20 bis 40 Jahren angegeben.

In den letztgenannten Fällen erscheint das ermittelte Alter präziser als das Skeletalter.

4.2.7 Leichenbrandzähne aus Bochum

Tabelle 16 zeigt in der Übersicht die Befunde des prähistorischen Zahnes aus Bochum.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
58	grau	Bochum	-	25	0	0	0	0	11	-	~30

Tabelle 16: Ergebnisse der Altersbestimmung bei einem prähistorischen Leichenbrandzahn aus Bochum

Eine Zählung der Jahresringe war in diesem Fall nicht möglich

4.2.8. Leichenbrandzähne aus Mainz-Weisenau

Tabelle 17 gibt eine Übersicht der Leichenbrandzähne aus Mainz-Weisenau.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
59	weiß bis grau	Mainz-Weisenau	210	15	46	46	45	45,7	11	56,7	40-60
60	grau	Mainz-Weisenau	229	13	0	0	0	0	11	-	20-40
61	grau	Mainz-Weisenau	229	21	51	52	51	51,3	7	58,3	20-40
62	weiß bis grau	Mainz-Weisenau	229	15	0	0	0	0	11	-	20-40
63	grau	Mainz-Weisenau	-	44	41	44	42	42,3	10	52,3	20-30
64	weiß bis grau	Mainz-Weisenau	210	13	0	0	0	0	11	-	>60
65	grau	Mainz-Weisenau	210	21	0	0	0	0	7	-	>60
66	grau	Mainz-Weisenau	148	42	X	X	X	X	7,5	-	>60

Tabelle 17: Ergebnisse der Altersbestimmung prähistorischen Leichenbrandzähnen aus Mainz-Weisenau

Vergleicht man das geschätzte Alter mit dem anthropologischen Alter, so liegt bei Zahn 59 das geschätzte Alter im Bereich des Skeletalters. Bei Zahn 61 und Zahn 63 war das ermittelte Alter höher als das Skeletalter.

Bei Zahn 60, Zahn 62 und Zahn 64 bis 66 war keine Zählung der Jahresringe möglich.

4.2.9. Leichenbrandzähne aus Hambach

Tabelle 18 zeigt die Befunde des Leichenbrandzahnes aus Hambach.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lfd. Nr.	Zahnfarbe	Fundort	Grabnummer	Zahnposition	Zählung 1	Zählung 2	Zählung 3	Mittelwert	Zahndurchbruchsalter	Ermitteltes Alter	Skeletalter
67	Schwarz	Hambach	Ha 98/126	23	0	0	0	0	11	-	>50

Tabelle 18: Ergebnisse der Altersbestimmung bei einem prähistorischen Leichenbrandzahn aus Hambach

Eine Zählung der Jahresringe war nicht möglich.

Einige lichtmikroskopische Bilder der prähistorischen Leichenbrandzähne werden in Abbildung 19- 21 dargestellt.

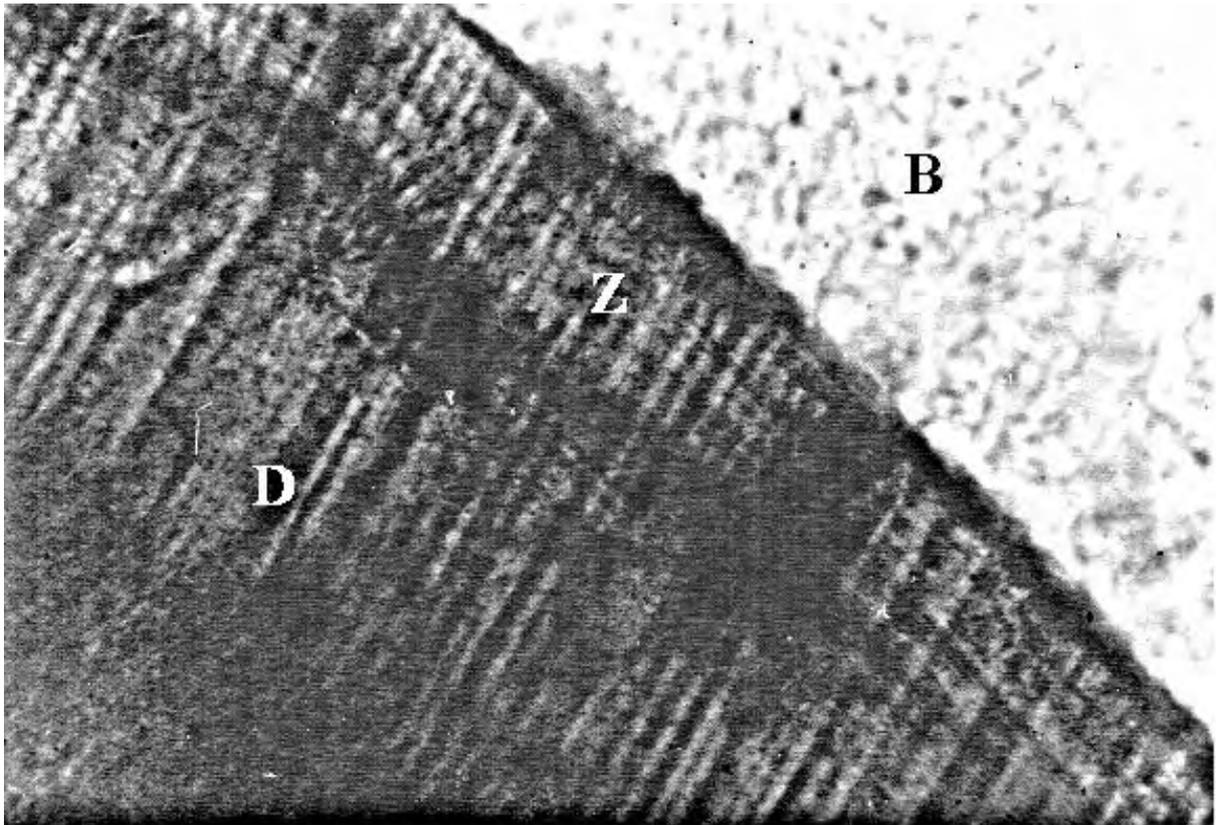


Abb.19: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation; prähistorischer Zahn Nr.61
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1000fache Vergrößerung)

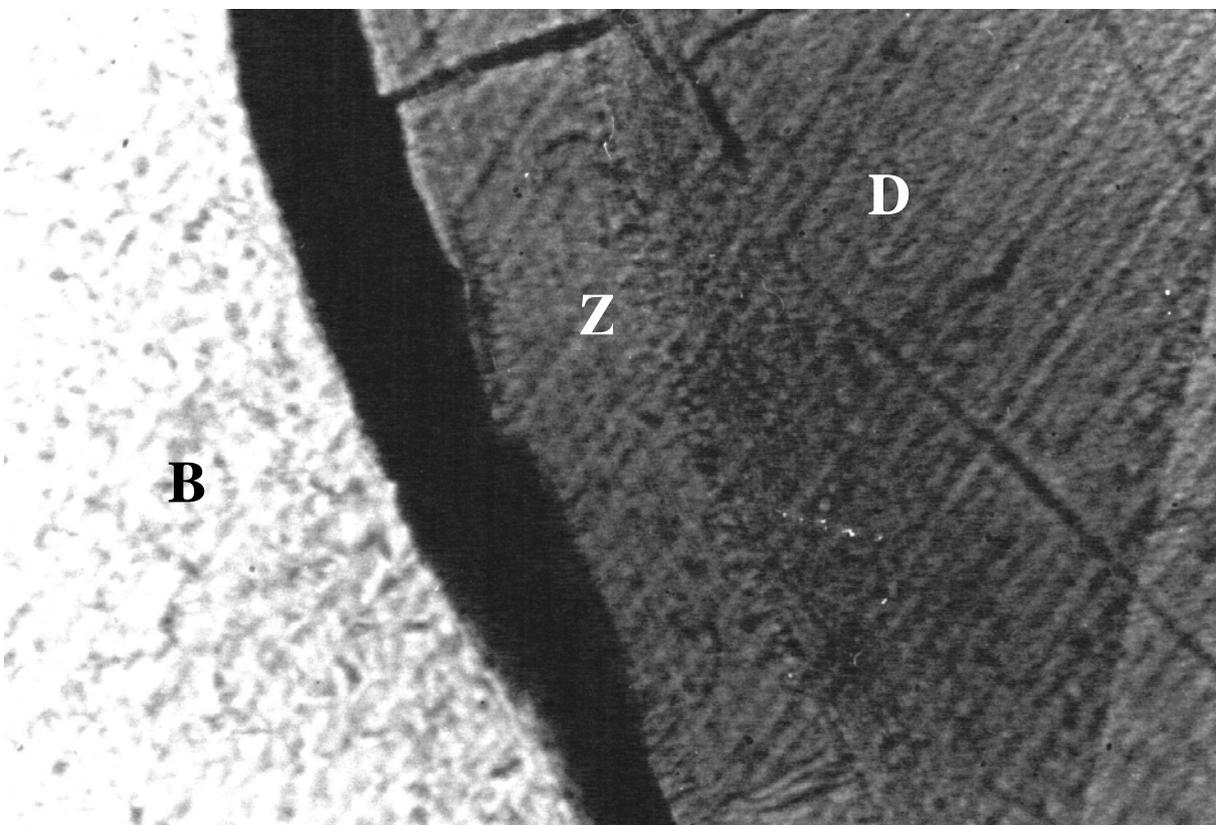


Abb.20: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation; prähistorischer Zahn Nr.11
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1000fache Vergrößerung)

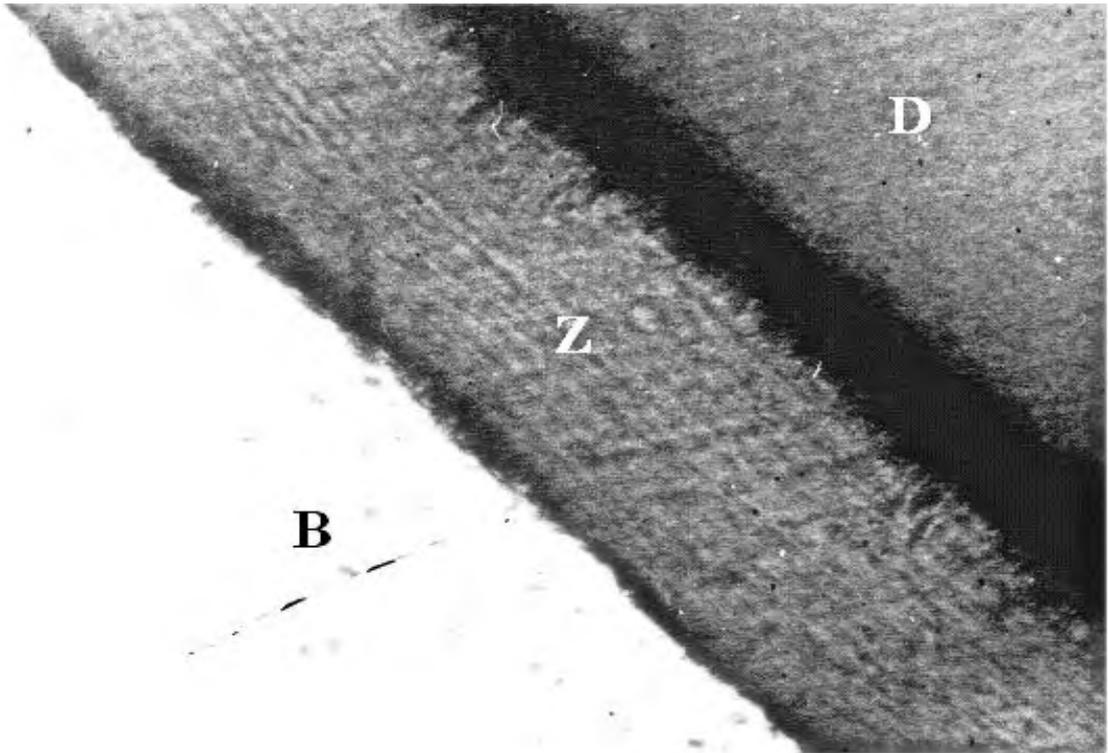


Abb.21: Dünnschnittpräparat, Zahnzementanulation; prähistorischer Zahn Nr.45
D= Dentin; Z= Zement; B= Biodur; (ca. 1000fache Vergrößerung)

5. Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung sollte gezeigt werden, ob bei prähistorischen und bei experimentell verbrannten rezenten Zähnen die Zementringe, die durch die Zahnzementanulation entstehen, darstellbar und zur Altersbestimmung nutzbar sind. Für die durchgeführten Untersuchungen lagen 50 rezente Zähne und 67 Leichenbrandzähne vor.

Vorraussetzung für die Untersuchungen war die außerordentlich behutsame Herstellung der Dünnschnittpräparate, da durch die Verbrennung die morphologische Struktur des Zementes angegriffen sein kann.

Zunächst musste eine exakte Identifikation der Wurzeln der Leichenbrandzähne erfolgen, weil nur dadurch die Abweichung des ermittelten vom anthropologischen Alters (Skeletalter) so gering wie möglich gehalten werden kann. Da die Zahnkronen durch die Verbrennung abgesprengt werden und nur die Wurzeln übrig bleiben, erfolgte die Zuordnung des Zahncodes der Leichenbrände unter Vergleich frischer und unverbrannter Zähne nach den Wurzelmerkmalen. Eine Verwechslung der Wurzeln zwischen den Incisiven und den Prämolaren ist möglich, da es sich bei beiden Zahntypen, außer den ersten Prämolaren im Oberkiefer, um einwurzelige Zähne handelt. Zum Teil weisen beide Zahntypen die gleiche Wurzeldicke- und Länge auf. Diese Verwechslungen machen eine Abweichung der Durchbruchzeiten von 3-5 Jahren aus, die bei der Altersbestimmung berücksichtigt werden muss.

Bei den rezenten Zähnen war der Zahntyp leicht bestimmbar, da es sich um frisch extrahierte Zähne handelte.

Ein weiteres technisches Problem stellte die Einbettung der Zähne dar. Durch die Verbrennung und die Bodenlagerung waren diese so verändert, dass einerseits die mechanische Festigkeit der Zähne bei aufsteigender Temperatur abnahm und andererseits Rissbildungen an den Wurzeln auftraten (HERRMANN et al. 1990). Nach einer Grundsäuberung der Zähne brachte die Einbettung in einem Vakuum auch keinen Erfolg. Die kompakte Zementschicht erschwerte das Eindringen des Einbettungsmaterials in das Innere des Zementes, wobei an der Zement- Dentin - Grenze eine schwache Zone entstand und beim Schneiden ein Großteil des

Zahnzementes zerstörte wurde. Auch KAUFMANN (2001) klagte über dieses Problem beim Schneiden der Zahnwurzeln.

GROßKOPF (1990) führte die gleiche Einbettungstechnik mit zusätzlich einem Vakuum durch und konnte so ohne technische Probleme von allen ihren Leichenbrandzähnen Dünnschnitte anfertigen, ohne dass sich beim Schneiden Zement herauslöste.

In der vorgelegten Arbeit wurde die Basismethode von GROßKOPF (1990) modifiziert und Einbettungen der Zähne wurden unter Druck vorgenommen, um eine bessere Konsistenz der Zahnwurzel zu erreichen.

Auf ein Anfärben der Zähne wurde verzichtet, da sowohl die Untersuchungen von GROßKOPF (1990) als auch von KAUFMANN (2001) keine bessere Darstellung der Zuwachsringe durch Anfärben brachte.

Bei der Zählung der Ringe ist zu erwähnen, dass diese nur durch ständiges Fokussieren des Objektes unter einem Durchlichtmikroskop deutlich sichtbar gemacht werden können, weil es wegen unterschiedlicher Objektdicke zu Strukturüberlagerungen kommen kann.

Das Auszählen der Ringe am Rasterelektronenmikroskop hat sich als sehr schwierig und zeitaufwendig erwiesen. Dies zeigt sich auch in der Literatur (JAKOBSHAGEN 1992). Die Abbildungen 19 und 20 bestätigen diese Feststellung.

Die Ursachen für die Misserfolge bei der Zahnzementringbestimmung sind nicht immer auf das methodische Vorgehen zurückzuführen (KIRSCHNER 1999). KIRSCHNER (1999) macht auch Veränderungen im biologischen System (Veränderungen im Nahrungsangebot) für eine unzureichende Ringbildung verantwortlich.

Sowohl bei prähistorischen Leichenbrandzähnen als auch bei experimentell verbrannten rezenten Zähnen können Zementringe dargestellt werden.

Bei den experimentell verbrannten rezenten Zähnen ist jedoch Voraussetzung, dass die Expositionstemperatur nicht zu hoch ist. Bei höheren Temperaturen verändern sich die internen Strukturen des Zahnzementes so stark, dass die Zementringe nicht mehr sichtbar sind.

Während bei niedrigen Temperaturen von 250°C-550°C die Ringe erhalten bleiben, ist bei höheren Temperaturen von 700°C-900°C die Auszählung der Zahnzementringe nicht mehr möglich.

Bei 250°C waren die Zahnzementringe bei 7 Zähnen vorhanden, während bei 400°C und 550°C jeweils nur noch zwei Zähne eine Zementringbildung hatten.

Bei 700°C und 900°C konnten bei keinem Zahn die Zementringe beobachtet werden. Bezüglich des Zahntyps aus der Versuchsreihe der experimentell verbrannten rezenten Zähne bei 250°C wird deutlich, dass es sich bei den Zähnen Z1, Z4, Z5, Z6 und Z7, bei denen eine Altersschätzung durch die Zahnzementanalyse möglich war um Prämolaren und Inzisivi handelt.

Sowohl die Zähne Z2, Z3 und Z8, die keine Zahnzementringe zeigten, als auch die Zähne Z9 und Z10, die eine erhebliche Differenz zwischen dem Skeletalter und dem ermittelten Alter aufweisen, handelte es sich um die dritten Molaren.

Auch in der Versuchsreihe bei 400°C und 550°C ist festzustellen, dass es sich hierbei um Incisivi (Z11, Z16, Z21) und Canini (Z23) handelt, die eine Erfassung der Zementringe ermöglichen.

Die Molaren ließen aufgrund ihrer unterschiedlichen Wurzeldicken nur eine ungenaue Darstellung der Zahnzementringe zu, so dass eine korrekte Auszählung der Zahnzementringe nicht möglich war.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich abhängig von der Expositionstemperatur sowohl Incisivi und Canini als auch die Prämolaren für die Zahnzementanalyse eignen. Die Molaren waren für die Untersuchung nicht geeignet. Eine zusätzliche Bestätigung erfährt diese Interpretation durch die Untersuchung von Großkopf (1990), die für ihre Methode aus gleichen Gründen Prämolaren bzw. einwurzelige Zähne verwendete.

Bei Temperaturen über 550°C ist es völlig gleich, um welchen Zahntyp es sich handelt, da die Zähne durch die Hitze so verändert werden, so dass die Auszählung der Zementringe nicht mehr möglich ist.

Bei den prähistorischen Scheiterhaufenverbrennungen werden Temperaturen um ca. 800°-900°C erreicht. Trotzdem konnten bei 12 prähistorischen Zähnen Zementringe dargestellt werden.

Die Ursache hierfür liegt wahrscheinlich darin, dass die Zähne mit der gesamten Leiche verbrannt wurden und die Hitze somit nicht direkt auf die Zähne einwirkte. Außerdem waren die Zähne durch die Lage in der Alveole zusätzlich geschützt.

Ein weiterer Grund dürfte auch sein, dass die prähistorische Leichenverbrennung im Freien anderen Bedingungen unterliegt und somit äußerlichen Einflüsse wie Wind und die Jahreszeit mitberücksichtigt werden müssen. Auch die Tatsache, dass auf einem Scheiterhaufen nicht an jeder Stelle die gleichen Temperaturen bestehen und somit die peripheren Körperteile (Extremitäten, Kopf) einer unterschiedlichen Hitzeeinwirkung ausgesetzt gewesen sein könnten (WAHL 1981), ist zu berücksichtigen,

Die experimentell verbrannten rezenten Zähne wurden isoliert und ohne jeglichen Schutz der Wurzeln verbrannt, so dass die Hitze direkt auf das Zahnmaterial einwirken konnte und deshalb bei Temperaturen über 550°C die interne Struktur zerstört wurde.

An den Zähnen des untersuchten prähistorischen Leichenbrandmaterials aus der Urnenfelderzeit(1200-800 v. Chr.) bis in die römische Zeit (3. Jh. n. Chr.) ließen sich bei 12 Präparaten Zahnzementringe darstellen. Aufgrund der geringen Probenzahl aus prähistorischen Fundorten waren nur partielle Untersuchungen möglich. Bei den Zähnen Nr. 3 aus Bopfingen, Nr. 44, 45, 56, 57 aus Feulen und die Nr. 59 aus Mainz liegt das ermittelte Alter im Bereich des Skeletalters, während bei den Leichenbrandzähnen Nr. 50 aus Feulen, Nr. 61 und 63 aus Mainz-Weisenau das ermittelte Alter höher war als das Skeletalter. Der Grund hierfür könnte eine fehlerhafte Identifizierung des Zahntyps und damit ein falsch zugeordnetes Zahndurchbruchsalter sein, welches zusammen mit dem Mittelwert der Zählungen das zu hoch geschätzte Alter ergeben haben könnten. Es könnte aber auch eine Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Skeletalters vorliegen.

Bei den Leichenbrandzähnen Nr. 11 und 13 aus Borken und Nr. 28 aus Augsburg konnte zwar das Alter ermittelt werden, jedoch war das Skeletalter nicht bekannt, so dass es keine Kontrolle für das ermittelte Alter gibt.

Bei den übrigen prähistorischen Leichenbrandzähnen war der Einfluss der Expositionstemperatur und auch die Einwirkung des Bodenmaterials so groß, dass die internen Strukturen stark verändert waren und die Zahnzementringe nicht mehr darstellbar sind.

Bezüglich der Zahnfarbe nach der Verbrennung, lassen sich sowohl bei den prähistorischen als auch bei den experimentell verbrannten Zähnen Farbabstufungen von gelblichbraun (250°C), dunkelbraun bis schwarz (400°C), graublau (550°C), grauweiß (700°C) und weiß (900°C) darstellen.

WAHL (1981) konnte auch von der Färbung eines Leichenbrandes auf dessen Expositionstemperatur schließen. Er stellte einen Zusammenhang zwischen Temperaturwerten und deren aufeinander folgenden Färbungen dar.

Färbung der Knochenreste	Temperaturwert
gelblichweiß, bräunlichgrau	200°C-250°C
braun, dunkelbraun, schwarz	300°C-400°C
grau, blaugrau	Um 550°C
milchig weiß, matt kreideartig	650°C-700°C
altweiß	Über 800°C

Tabelle 19: Leichenbrandfarbe bei steigender Expositionstemperatur (nach WAHL 1981)

Die Tabelle 19 entspricht weitgehend den Beobachtungen, die bei der Verbrennung der rezenten Zähne in dieser Arbeit gemacht worden sind.

Da die rezenten Zähne nicht isoliert verbrannt wurden, lässt sich die Zuordnung der Färbung zu deren Expositionstemperatur leichter schließen als die Zuordnung der prähistorischen Zähne. Da die prähistorischen Zähne samt dem Leichnam verbrannt wurden, kam es zu Einlagerungen von Blutfarbstoffen wie dem Hämoglobin in die Knochen und in die Zähne und dadurch zu gelben oder braunen Farbeinschlüssen im Zahnmaterial.

Die Färbung der Zähne und der Knochenfragmente ist auch von den umgebenden Bodenverhältnissen abhängig. So können Arsenverbindungen, aber auch Kohlereste und Humus, die sich im Boden befinden zu sekundären Verfärbungen führen (WAHL 1981).

Bei verbrannten rezenten Zähnen kann anhand der Farbbestimmung eine Vorauswahl getroffen werden, ob sie sich für die Zahnzementanulation eignen. Weisen die Zähne eine graue bis weiße Färbung auf, deutet das auf eine Verbrennungstemperatur von über 550°C hin. Die Tabellen 8 und 9 verdeutlichen, dass bei diesen Temperaturen die Zementringe nicht mehr sichtbar sind.

Bei den Leichenbrandzähnen kann man in manchen Fällen trotz grauweißer Färbung die für eine Temperatur von über 550°C spricht die Zementringe erkennen. Der Grund liegt wohl darin, dass die Zähne durch eine Art Isolation des Körpers nicht direkt der Expositionstemperatur ausgesetzt sind.

Bezüglich des Zahntyps lassen sich die Zahnzementringe bei kremierten Zähnen nur an Prämolaren und Incisiven gut darstellen.

Weiter wurde festgestellt, dass große Umsicht und Erfahrung des Auswerters und eine klare Standardisierung der angewandten Methode Voraussetzung für das Auszählen der Ringe darstellt (KAGERER & GRUPPE 2001).

Eine größere Menge an Zahnmaterial wäre für zukünftige Arbeiten von großer Bedeutung, da die getroffenen dann gesichert werden könnten.

Auch andere Techniken wie die Digitalisierung und Vergrößerung von Standbildern direkt am Computer werden immer größere Relevanz erlangen (WITTWER-BACKOFEN et al. 2004; KAGERER & GRUPE 2001).

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Das Ziel dieser Arbeit war zu untersuchen, ob mit Hilfe der Zahnzementanulation eine Altersbestimmung bei verbrannten Zähnen möglich ist.

Es sollte geprüft werden, ob auch Zähne von prähistorischen Leichenbränden eine Lebensaltersbestimmung durch die Auszählung der Zahnzementzonen ermöglichen.

Die morphologische Struktur und die Umformung des Zementes durch die Verbrennung stellte schon am Anfang der Untersuchung ein großes Hindernis für das Herstellen der Dünnschliffpräparate dar. Durch das fehlende Eindringen der Einbettmasse in das Zement lösten sich die Schnitte beim Sägen auf. Die Basismethode wurde modifiziert und die Zähne wurden unter Druck eingebettet, um eine bessere Fixierung zu erreichen.

Durch diese Maßnahme konnten von jedem Zahn Schnitte hergestellt werden.

Von insgesamt 50 experimentell verbrannten rezenten Zähnen lieferten 11 (22%) und von 67 Leichenbrandzähnen 12 (18%) darstellbare Ergebnisse. Bei den Präparaten, die kein Ergebnis erbrachten, waren die Ringe durch postmortale Veränderungen und durch die Verbrennung überhaupt nicht zu erkennen und folglich nicht auszählbar.

Die Altersbestimmung an Leichenbrandzähnen anhand der Zahnzementanulation ist in manchen Fällen die einzige Möglichkeit der Altersdiagnose. Dieses Verfahren kann jedoch für die Routineuntersuchung nicht in Frage kommen, da postmortale Veränderungen an den Zähnen zu häufig sind und nur ein sehr kleiner Prozentsatz der Leichenbrandzähne Zementringe aufweist.

Die Anwendung des Verfahrens kann nur zu zufriedenstellenden Ergebnissen führen, wenn es nicht zu einer kompletten Verbrennung des Leichnams kommt, sondern nur zu einer „Ankohlung“, wie es z.B. bei manchen Hausbränden der Fall ist. Nur für bestimmte Fragestellungen, die einen hohen experimentellen Aufwand rechtfertigen und zur Nachprüfung von konventionellen Methoden kann das Zementzonenverfahren empfohlen werden.

Summary

The intention of this study was to investigate, whether with the help of cementum annulation an age determination of cremated teeth is possible.

It was to be examined, if the age determination of teeth is also possible with prehistorical cremations through counting incremental lines.

The morphological structure and the remodelling of the cement caused by the burn appeared to be a difficulty even at the beginning of the examination.

The missing penetration of the resin (Biodur) into the cement caused the sections to break away while sawing. Therefore the production of thick sections became a problem. The basic method was modified and the teeth were embedded under pressure for better fixation.

With this modification it was no longer a problem to produce sections from every tooth.

From a total of 50 experimentally burned modern teeth for comparison 11 (22%) gave depictive results. From another 67 cremated teeth 12 (18%) also gave depictive results. Preparations without results were due to post mortal changes and burns, because their incremental lines were not identifiable.

The age determination of cremated teeth, by means of cementum annulation, is in some cases the only possibility to state the age.

This procedure however is not suitable for routine examination, because the post mortal changes of the teeth are very frequent and only a very small percentage of cremated teeth show incremental lines.

The use of this procedure can only provide satisfactory results if the corpse is not completely burned.

The dental cementum layers are only advisable for certain questions that justify such a high experimental effort and for the re-examination of conventional methods.

7. Literaturverzeichnis

- **Alt, K.; Türp, J. C.** (1997): Die Evolution der Zähne: Phylogenie- Ontogenie-Variation. Berlin- Chicago- London.
- **Charles, K. D.; Condon, K.; Cheverud, J. M.; Buikstra, J. E.** (1986): Cementum annulation and age determination in Homo sapiens. I. Tooth variability and observer error. Am. J. Phys. Anthrop. 71, 311-320.
- **Condon, K.; Charles, K.; Cheverud, J. M.; Buikstra, J. E.** (1986): Cementum annulation and age determination in Homo sapiens. II. Estimates and Accuracy. Am. J. Phys. Anthrop. 71, 321-330.
- **Ferembach, D.; Schwidetzky, I. und Stloukal, m.** (1979): Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. Homo 30, 2, (1)- (32).
- **Fujita ,T.; Tanaka,K.; Tokunaga,J.** (1986): Zellen und Gewebe; Ein REM-Atlas für Mediziner und Biologen(Geleitwort: Professor Dr. K.A. Rosenbauer).
- **Geiger, G.,** (1993): Vergleich verschiedener Methoden der Altersbeurteilung anhand von Zähnen und anderen morphologischen Merkmalen mit dem Lebensalter vorwiegend altersmarkierter Wildtiere der Ordnungen Artiodactyla und Carnivora, Habilitationsschrift, Giessen.
- **Großkopf, B.** (1989): Incremental lines in prehistoric cremated teeth. A technical note.Z. Morph.Anthrop. 77. 309-311.
- **Großkopf, B.** (1990): Individualaltersbestimmung mit Hilfe von Zuwachsringen im Zement bodengelagerter menschlicher Zähne. Z. Rechtsmed. 103, 351-259.
- **Großkopf, B.; Denden, J. M.; Krüger, W.** (1996): Untersuchungen zur Zementaposition bei Parodontitis marginalis profunda. Dtsch. Zahnärztl. Z. 51, 295-297.

- **Grue, H.; Jensen, B.** (1979): Review of the formation of incremental lines in tooth cementum of terrestrial mammals. *Danish Review of Game Biology*. 11; 1-48.
- **Helwig, E.; Klimek, J.; Attin, T.** (1995): Einführung in die Zahnerhaltung.
- **Herrmann, B., Grupe, G., Hummel, S., Piepenbrink, H., Schutkowski, H.** (1990): *Prähistorische Anthropologie: Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Berlin - Heidelberg - New York - London.
- **Jacobshagen, B.** (1992): Präzisierte Altersschätzungen nach dem Zementzonenverfahren anhand der Zähne einer mittelpaläolithischen Skelettpopulation aus Trebur / Südhessen. Vergleich mit den Ergebnissen einer kombinierten Methode, Manuskript (Giessen). In Helmut Spatz, *Das mittelpaläolithische Gräberfeld von Trebur, Kreis Groß- Gerau. Materialien zur Vor- und Frühgeschichte von Hessen (Wiesbaden 1999)*, 333-348
- **Jankauskas, R.; Barakauskas, S.; Bojarun, R.** (2001): Incremental lines of dental cementum in biological age estimation. *Homo* 52, 59-71.
- **Kagerer, P.; Grupe, G.** (2001): On the validity of individual age-at-death diagnosis by incremental line counts in human dental cementum. Technical considerations. *Anthrop. Anz* 59, 331-342.
- **Kaufmann, B.** (2001): Altersbestimmung von Leichenbränden anhand der Zahnzementringe. In Hintermann, D.: *Der Südfriedhof von Vindonissa, Veröffentlichungen der Gesellschaft pro Vindonissa, Band XVII*, 147-150.
- **Kay, R. F., Rasmussen, D. T., Beard, K. C.** (1984): Cementum annulus counts provide a means for age determination in *Macaca mulatta* (Primates, Anthrooidea) *Folia Primatol.* 42, 85-95.

- **Kirschner, T.** (1999): Vergleichende odontologische Untersuchungen an wildlebenden Säugern unter besonderer Berücksichtigung des Wurzelzementes
- Inaug.-Diss. med. dent., Giessen.
- **Kvaal, S. I.; Solheim, T.** (1995): Incremental lines in human dental cementum in relation to age. *European Journal of Oral Sciences*. 103 (4), 225-230.
- **Laws, R. M.** (1952): A new method of age determination for mammals. *Nature*, London 169 (4310), 972-973.
- **Lipsinic, F. E.; Paunovich, E.; Houston, D. G.; Robinson, S. F.** (1986): Correlation of age and incremental lines in the cementum of human teeth. *J. Forensic Sci.* 31 (3), 982-989.
- **Miller, C. S.; Dove, S. B.; Cottone, J. A.** (1988): Failure of use of cemental annulations in teeth to determine the age of humans. *J. Forensic Sci.* 33, 137-143.
- **Mitchel, B.** (1963): Determination of age in Scottish red deer from growth layers in dental cement. *Nature*, London 198, 350-351.
- **Morris, P.** (1972): A review of mammalian age determination methods. *Mamm. Rev.* 2, 69-104.
- **Nemeskéri, J. Harsányi, L. und Acsádi, G.** (1960): Methoden zur Diagnose des Lebensalters an Skelettfunden. *Anthrop. Anz* 24, 70-95.
- **Renz, H.; Schaefer, V.; Duschner, H.; Radlinski, R. J.** (1997): Incremental lines in root cementum of human teeth: An approach to their ultrastructural nature by microscopy. *Adv. Dent. Res.* 11 (4), 472-474.
- **Rösing, F.W.** (1977): Methoden und Aussagemöglichkeiten der anthropologischen Leichenbrandbearbeitung, -Archäol. Naturwiss. 1. 53-80.

- **Rösing, F.W.; Graw, M; Marré, B.; Ritz-Timme, S.; Rothschild, M.A.; Röttscher, K.; Schmeling, A.; Schröder, I.; Geserick, G. (2005):** Empfehlungen für die forensische Geschlechts- und Altersdiagnose am Skelett, *Anthrop. Anz.* Jg. 63, 221-232.

- **Rösing, F.W.; Kvaal, S.I. (1998):** Dental Age in adults. A review of estimation methods. In :Alt, K.W.; Rösing, F.W.; Teschler-Nicola, M. (eds): *Dental Anthropologie*. Springer- Verlag, Wien, 443-468.

- **Sadler, T. W. (1998):** Medizinische Embryologie, Thieme Verlag.

- **Schröder, H. E. (2000):** Orale Strukturbiologie. Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle, 5.Auflage.

- **Schumacher, G.-H.; Schmidt, H.; Böring, H.; Richter, W. (1990):** Anatomie und Biochemie der Zähne, 4. Überarb. Aufl. Stuttgart- New York.

- **Stott, G. G.; Sis, R. F.; Levy, B. M. (1982):** Cemental annulation as an age criterion in forensic dentistry. *J. Dent. Res.* 61 (6) 814-817.

- **Wahl, J. (1981):** Beobachtungen zur Verbrennung menschlicher Leichname, Sonderdruck aus: *Archäologisches Korrespondenzblatt*, Heft 3, 271-279.

- **Wittemann, S. (2004):** Zur Altersbeurteilung beim Wildschwein (*Sus scrofa*, Linné, 1758) mit Hilfe von Merkmalen an den Zähnen unter besonderer Berücksichtigung der Canini
- Inaug.-Diss. med. dent., Giessen.

- **Wittwer-Backofen, U.; Gampe, J.; Vaupel, J. W. (2004):** Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. - *Am. J. Phys. Anthrop.* 123. 119-129.

8. Danksagung

Vor allem möchte ich Herrn Professor Dr. Kunter für die Überlassung des Themas danken.

Den Mitarbeitern des Anthropologischen Institutes Gießen bin ich sehr dankbar für eine stete Kooperation im Institut und für gute Ratschläge.

9. Lebenslauf

Persönliche Daten:	Name:	Jahadi Rafigh, Negin
	Staatsangehörigkeit:	deutsch
	Geburtsdatum:	01.01.1975
	Geburtsort:	Teheran
Schulbildung:	1980-1985	Grundschule in Teheran
	1986-1988	Hauptschule in Burladingen
	1988-1991	Realschule in Göttingen
	1991-1994	Gymnasium in Göttingen
	1994	Abitur
Freiwilliges soziales Jahr:	1994/1995	
Studium:	1995-2000	Studium der Zahnheilkunde in Gießen
	Juli 2000	Approbation als Zahnärztin
Beruflicher Werdegang	2001-2003	Assistenz Zahnärztin bei Dr. N. und P. Brugger in Altenstadt
	Seit 2003	Niederlassung in Altenstadt

Erklärung

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D - 3 5 3 9 6 G I E S S E N

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN 3-8359-5081-9

