

Farbenwandel der Zahnhartgewebe als Zeichen thermischer Schädigung

R. Endris und R. Berrsche

Institut für Rechtsmedizin der Universität Mainz, Am Pulverturm 3, D-6500 Mainz,
Bundesrepublik Deutschland

Color Change in Hard Dental Tissue as a Sign of Thermal Damage

Summary. The appearance of hard human tissue after thermal damage permits certain conclusions to be drawn with regard to fire parameters. In addition to morphological destruction, the change in color of dental tissues like enamel, dentine, and cement is also important. We studied teeth extracted from 330 human males and females under well-defined time and temperature conditions. Using the DIN and RAL color indexes, the color phenomenon was evaluated on the basis of the amount of glowing obtained when the teeth were heated. It is easiest to determine the color change in cement, as no calculus or hindering plaques are on the root surface. In addition to this, destruction of the tooth root takes place only during extreme combustion conditions. Determining the dentine color is more difficult and is possible only after the enamel splits. Also, the different dentine thicknesses hinders the observation of color. When the enamel was tested, it was found that the differences in color caused by high temperatures are unimportant. Moreover, the enamel burst into small particles. The effect we observed regarding the anthracite lustre using low temperatures was typical, and the best results were obtained in dental roots with eight color scales. All three dental hard tissues have in common that the variations in color appear regularly and successively according to ascending temperature or duration of time: natural dental color, black, brown, blue, grey, white, and pink. In these processes, the temperature and combustion time are inversely proportional to the velocity of color change. The literature is discussed that deals with temperature- and time-dependent color phenomena of dental hard tissues destroyed as a result of thermal damage.

Key words: Burn corpses – Fire victims – Thermal dental destruction – Thermal dental color change

* Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Sachbeihilfe En 112/1)
Sonderdruckanfragen an: Prof. Dr. Dr. R. Endris (Adresse siehe oben)

Zusammenfassung. Die menschlichen Hartgewebe lassen nach thermischer Schädigung gewisse Rückschlüsse auf Brandparameter zu. Neben morphologischer Destruktion ist an den Zahnhartgeweben ein Farbenwandel zu beobachten. Diese Form der Zustandsänderung von Schmelz, Dentin und Zement ist an 330 menschlichen extrahierten Zähnen unter definierten Zeit- und Temperaturintervallen studiert worden. Die Farbphänomene als Ergebnisse der Glüh- und Aufheizversuche sind mit Hilfe der DIN- und RAL-Farbregister ausgewertet worden. Am leichtesten lässt sich die Zementfarbe bestimmen, da markierende Beläge oder Konkremepte fehlen. Außerdem bleibt die Wurzelform relativ lange erhalten, während die Zahnkrone zerfallen können. Die Dentinfarbenbestimmung gelingt erst nach dem Zerspringen des Schmelzmantels. Die unterschiedlichen Gewebedicken erschweren die Auswertung. Farbänderungen des Schmelzes bei hohen Temperaturen sind gering, außerdem zerspringt der Schmelz in Schmelzscherben. Bei niederen Temperaturen bewirken Beläge einen Anthrazitglanz. Die besten Resultate liefern die Zahnwurzeln mit acht Farbbereichen. Gemeinsam ist den drei Hartgewebearten, daß farbliche Veränderungen regelmäßig nacheinander mit steigender Temperatur oder mit zunehmender Zeit auftreten: natürliche Zahnfarbe, schwarz, braun, blau, grau, weiß und rosa. Dabei verhalten sich Temperatur und Zeit zur Geschwindigkeit der Farbänderungen umgekehrt proportional. Das Schrifttum zur Frage der Farbphänomene thermisch geschädigter Zähne in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit wird diskutiert.

Schlüsselwörter: Brandleichen – Thermische Zahndestruktion – Thermischer dentaler Farbwandel

Brandherduntersuchungen erweisen sich immer wieder als erhebliche Herausforderung an den Sachverständigen. Erfahrungswerte bilden die Leitlinien für den Untersuchungsgang. Der Destruktionsgrad thermisch geschädigten Leichenmaterials ist im allgemeinen weitgehend uniform. Eine Ausnahme hiervon bilden die Hartgewebe, neben den Knochen vornehmlich die Dentalgewebe Schmelz, Dentin und Zement.

Das makromorphologische Bild der Dekomposition des Apatitgefüges und der organischen Zwischensubstanz nach thermischer Beeinflussung ist teilweise in den Formen der Karbonisation und Kalzination bekannt. Diese Befunde lassen Schätzungen zu wichtigen Brandparametern zu.

Charakteristische Veränderungen im Sinne eines sichtbaren Farbwandels sind eine Form der Zustandsänderung der Zahnhartgewebe nach einem Hitze trauma. In der vornehmlich älteren Literatur sind einige typische Farbvarianten beschrieben worden. Im einzelnen stellt sich jedoch die Frage nach einer Zuordnung zu wesentlichen Brandbedingungen. Der Faktor Zeit wird gelegentlich erwähnt, ebenso die Temperaturangaben. Systematische Untersuchungen fehlen bisher.

Die Farbphänomene der Zahnhartgewebe, zugeordnet zu Zeit- und Temperaturintervallen, könnten bei konstantem Auftreten Möglichkeiten der Schätzung von Brandparametern erschließen.

Material und Methoden

Untersuchungsmaterial

Grundlage für alle Versuchsreihen bildeten 330 extrahierte menschliche Zähne unterschiedlichen Alters und Geschlechts. Alle Zahntypen waren vertreten, die Zähne frei von Dentalmaterialien, jedoch teilweise mit kariösen Läsionen versehen. Die Lagerungszeit post extractionem betrug maximal 12 Monate.

Versuchsbedingungen

Die Glühversuche wurden im Aufheizverfahren bei trockener Hitze in 100°C-Temperaturintervallen von 0 bis 1000°C und Glühzeiten von 5, 10, 15, 30, 60, 90 Min und 2, 3, 5 und 7 Std durchgeführt. Dies ergibt bei 10 verschiedenen Glühtemperaturstufen jeweils 10 unterschiedliche Glühgrade. In einer weiteren Serie sind bei erreichter Endtemperatur (100°C-Stufen) die Zähne verschieden lang dem Hitzeinfluß ausgesetzt gewesen.

Als Wärmequelle diente ein 900 W Muffelofen, die Temperaturmessungen über Miniatur-Mantel-Thermoelemente wurden graphisch registriert (Temperatur – Zeit – Schreibung).

Farbauswertungsmethoden

Der colorvisuelle Vergleich zwischen Dentalfarbe und dem Ordnungssystem der DIN-Farb-karte (DIN-Farbatlas 6164) lieferte einen Teil der Ergebnisse. Diese Farbkarte beruht auf dem CIE-System (Comission Internationale de l'Eclairage), ist computerüberprüft und orientiert sich an den Farbempfindlichkeitsparametern Farbton, Sättigung und Helligkeit. Die verwendeten Korrelate werden Farbton (T), Sättigungsstufe (S) und Dunkelstufe (D) genannt (6, 16). Farbton und Sättigungsstufe bilden die Farbart. Die Kennzeichnung einer Farbe durch die DIN-Farbmaßzahlen erfolgt in der Schreibweise T:S:D (z.B. 2:4:1, sandgelb).

Das gleichfalls verwendete RAL Farbregister 840 H R lässt die Bestimmung von 134 Farbtönen zu. Im Gegensatz zum DIN-Farbatlas sind die Farbtöne gesättigt und nicht nach Helligkeit abgestuft (14).

Für praktische Auswertungszwecke sind DIN- und RAL-Farbenregister synoptisch aufgeführt (Tab. 1). Die mit einem + gekennzeichneten Farbtöne stimmen in beiden Systemen exakt überein.

Bestimmung der Dentalfarben

An Schmelz, Dentin und Zement sind bei Tageslicht (Nordlicht, 10 bis 14 Uhr) visuelle Vergleiche mit Farbtonvorlagen vorgenommen worden (2). In den niedrigen Temperaturintervallen war die Schmelzfarbe wegen anhaftender Beläge nicht problemlos zu bestimmen, es wurden daher abradierte Zahnoberflächen (z.B. Schneidekante) untersucht. Das Dentin ist in drei Zonen überprüft worden:

1. äußere Zone direkt unter dem Schmelz,
2. innere pulennahe Zone und
3. intermediaire Zone.

Die Zementfarbe wurde apical und coronal registriert.

Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse sind am Beispiel der Aufheizversuche in Tabelle 2 übersichtlich dargestellt. Für die Praxis eignen sich die Abbildungen 1 bis 8 zur Orientierung.

Tabelle 1. Synopse DIN- und RAL-Farbregister

DIN-Farbregister	RAL-Farbregister	DIN-Farbregister	RAL-Farbregister
2:1:1	1013 perlweiß [+]	4:2:2	—
2:1:2	7032 kieselgrau	4:2:3	—
2:1:3	7030 steingrau	4:2:4	8025 blaßbraun
2:1:4	7030 steingrau	4:2:5	8025 blaßbraun
2:1:5	—	4:2:6	—
2:2:1	1014 elfenbein	4:3:3	—
2:2:2	—	4:3:4	—
2:3:1	1002 sandgelb und 1014 elfenbein	4:4:4 6:2:6	8003 lehmabraun 8017 schokoladebraun
2:4:1	1002 sandgelb	9:1:1	3015 hellrosa [+]
3:1:3	—	9:1:2	—
3:1:4	7037 staubgrau	9:2:2	—
3:1:6	7013 braungrau und 7022 umbragrau	9:2:3 16:1:2	— 5014 taubenblau
3:1:7	8019 graubraun [+]	16:1:3	—
3:2:2	—	16:1:4	—
3:2:4	8025 blaßbraun	16:1:5	—
3:2:5	8025 blaßbraun	16:1:6	—
3:3:2	—	16:1:7	—
3:3:3	—	17:1:5	—
3:3:4	8024 beigebraun	−:0:0,5	weiß
3:3:5	8024 beigebraun	−:0:1	9001 grauweiß
3:3:6	8024 beigebraun	−:0:2,5	7035 lichtgrau [+]
3:4:2	—	−:0:3,5	7037 staubgrau
3:4:3	1011 braunbeige [+]	−:0:4	7037 staubgrau [+]
3:4:4	—	−:0:4,5	7037 staubgrau
3:4:5	8008 olivbraun	−:0:4,5	7005 mausgrau
3:5:1	1017 safrangelb [+]	−:0:5	7012 basaltgrau [+]
3:5:2	2000 goldorange	−:0:5,5	7011 eisengrau [+]
3:5:4	8001 ockerbraun	−:0:6	7011 eisengrau
4:1:3	—	−:0:7	7024 graphitgrau
4:1:4	—	−:0:8	9011 graphitschwarz [+]
4:1:5	—		

In Ergänzung zu den dargestellten Ergebnissen ist anzumerken, daß mitunter zusätzliche Kriterien zur Farbangabe hilfreich waren: Der Glanz von Schmelz und Wurzeloberfläche, Auflagen auf der Wurzeloberfläche und der Zustand des Zahnes. So vermittelt beispielsweise eine glänzende Fläche einen viel helleren Farbeindruck als eine nicht glänzende Fläche des gleichen Farbtönes.

Die *Zementfarbe* liegt in den meisten Fällen unverfälscht vor, d.h. es sind keine maskierende Beläge oder Konkremeante vorhanden. Die Farbverände-

Tabelle 2. Aufheizversuche in 100°C-Intervallen: Veränderungen an Schmelz, Dentin und Zement menschlicher Zähne. (Farbbestimmung nach dem DIN-Farbregister, s. Tabelle 1)

	Glühzeit	100°C nach 4 Min	200°C nach 7 Min	300°C nach 12 Min	400°C nach 15 Min	500°C nach 19 Min
Schmelzfarbe	2:1:1	2:1:1	2:2:1	3:2/3:4	3:2:4	
Schmelzglanz	Wie natürl. Schmelz	Wie natürl. Schmelz	Stark			
Schmelzzustand	Unversehrt	Unversehrt	Risse			
Dentinfarbe:						
innen	2:3:1	2:3:1	3:4:5	-:0:8	-:0:8	
außen	2:3:1	2:3:1	3:4:5	-:0:8	-:0:8	
intermediär	2:3:1	2:3:1	3:4:5	-:0:8	-:0:8	
Zementfarbe:						
koronal	2:4:1	2:4:1	3:5:2	-:0:8	-:0:8	
apikal	2:4:1	2:4:1	3:5:2	-:0:8	-:0:8	
Zementzustand	Unversehrt	Unversehrt	Unversehrt	Netzartige Risse	Viele, feine Risse	
Zementglanz	Wie natürl. Zement	Wie natürl. Zement	Wie natürl. Zement	Vorhanden	Stark	
Auflagen	Unauffällig	Unauffällig	Unauffällig	blasig	Perlig, teerig	
	Glühzeit	600°C nach 25 Min	700°C nach 32 Min	800°C nach 39 Min	900°C nach 50 Min	1000°C nach 72 Min
Schmelzfarbe	3:1:3	3:1:4	-:0:4	-:0:6	-:0:5	
Schmelzglanz	Schwach	Schwach	Schwach	Schwach	Schwach	
Schmelzzustand	Zersplittert	Zersplittert	Zersplittert	Zersplittert	Zersplittert	
Dentinfarbe:						
innen	-:0:8	16:1:6	16:1:6	-:0:4	-:0:4	
außen	-:0:8	16:1:6	16:1:6	-:0:5	-:0:5	
intermediär	-:0:8	16:1:6	16:1:6	-:0:4	-:0:5	
Zementfarbe:						
koronal	3:2:5	2:1:4	16:1:3	-:0:0,5	-:0:0,5	
apikal	3:2:4	2:1:3	2:1:1	-:0:0,5	-:0:0,5	
Zementzustand	Keine Risse	Risse	Rissig	Stark rissig	Stark rissig	
Zementglanz	Fehlt	Fehlt	Fehlt	Fehlt	Fehlt	
Auflagen	Fehlen	Fehlen	Fehlen	Fehlen	Fehlen	



Abb.1. 200°C – 90 Min



Abb.2. 400°C – 30 Min



Abb.3. 400°C – 5 Std



Abb.4. 500°C – 15 Min

rungen sind leicht bestimmbar, nicht zuletzt wegen der relativ großen Oberfläche der Wurzel. Die Zahnwurzel behält am längsten in der Hitze ihre Gestalt, Zahnkronen hingegen zerfallen bei etwa 400 bis 500°C.

Die Bestimmung der *Dentinfarbe*, insbesondere bei niederen Temperaturbereichen, gestaltet sich schwierig, da der Dentinkern von Schmelz allseits bedeckt ist. Bei höheren Temperaturen, wenn die Krone zerfallen ist, liegen zur Auswertung Bruchstücke vor, die eine Farbbestimmung erschweren. Der eigentliche Nachteil ist in der unterschiedlichen Dicke des Dentinmantels zu sehen. So waren die verhältnismäßig dünnen Dentinpartien eines unteren mittleren Incisivi schneller kalziniert als die eines Eckzahnes.



Abb.5. 500°C – 60 Min **Abb.6.** 800°C – 30 Min

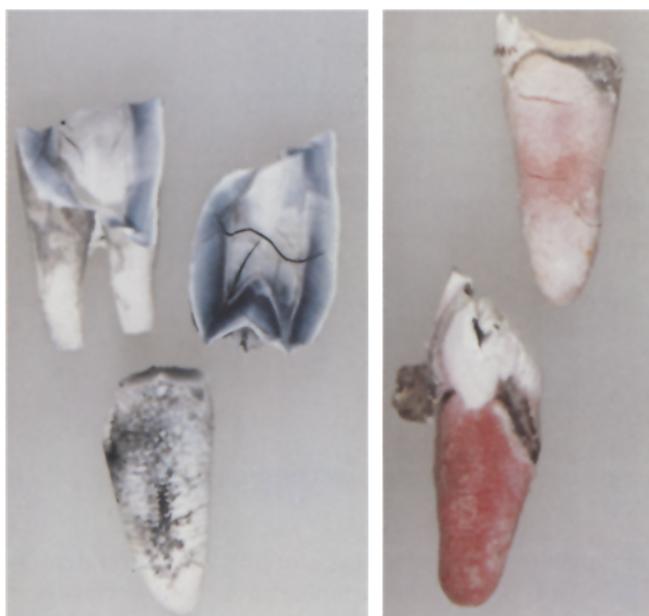


Abb.7. 800°C – 60 Min

Abb.8. 1000°C – 7 Std

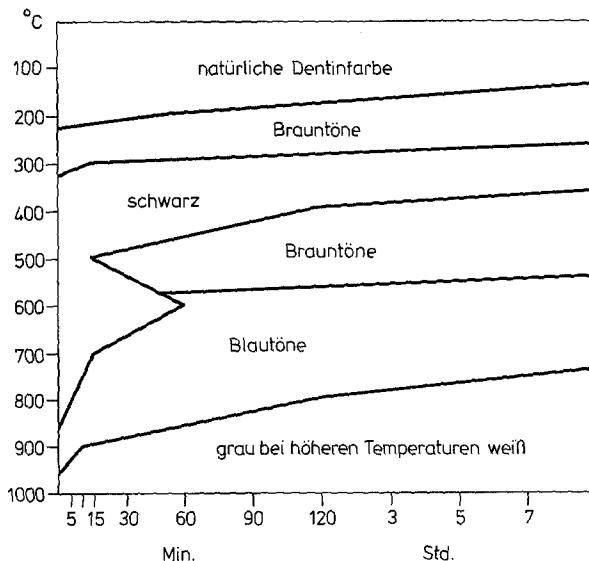


Abb.9. Farbänderungen des Dentins in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit

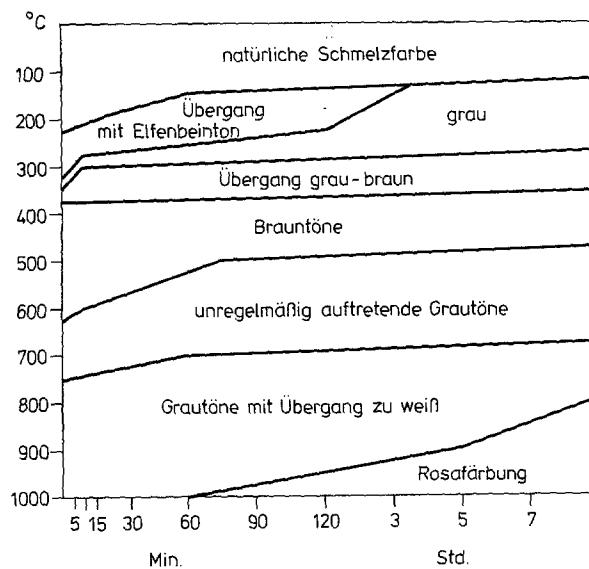


Abb.10. Farbänderungen des Schmelzes in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit

Die *Schmelzfarbe* als alleiniges Zuordnungskriterium zu verwenden, ist problematisch. Farbänderungen bei hohen Temperaturen sind gering (verschiedene Grautöne). Außerdem zerspringt der Schmelz in zahlreiche kleinere Schmelzscherben (ca 2–3 mm), und bei niederen Temperaturen ist die Schmelzoberfläche noch sehr stark mit Belägen behaftet, die die eigentliche Farbe des Schmelzes überdecken (Anthrazitglanz).

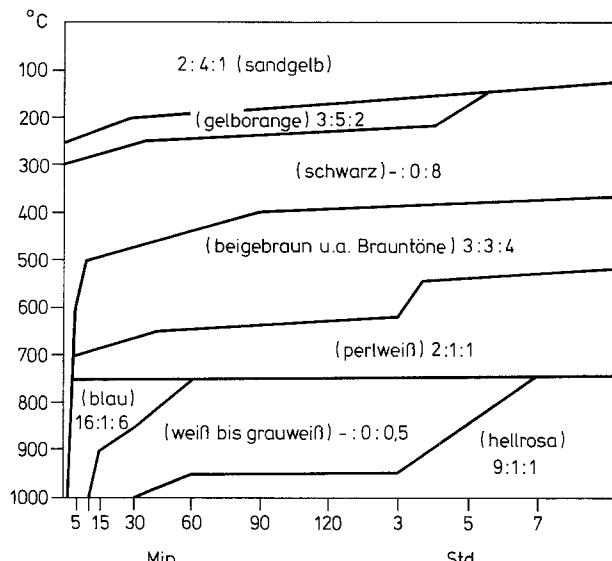


Abb. 11. Farbänderungen des Zementes in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit. Farbmaßzahlen nach DIN 6164 und RAL 840 HR

Der Farbenwandel des Zementes ist somit am ehesten geeignet, die Verbrennungsstadien zu charakterisieren. Als Verbrennungsstadien gelten hier gleiche farbliche Veränderungen innerhalb bestimmter Temperatur-Zeitbereiche.

Die Abbildungen 9 bis 11 (Graphiken) gestatten einen guten Überblick über die Farbänderungen.

Mit steigenden Temperaturen bilden sich bestimmte Farbtöne heraus, andere verschwinden langsam wieder. Auch mit zunehmender Zeit treten bei einer konstanten Temperatur entsprechende Farbtöne auf. Bei einer Temperatur von 800°C durchläuft eine Zahnwurzel folgende Farbstadien (Tab. 3):

Tabelle 3. Beispiel für Farbstadien bei 800°C und unterschiedlicher Dauer der Hitzeinwirkung auf eine Zahnwurzel

Farbstadien	Dauer des Hitzeeinflusses [800°C]
Schwarz	5 Min
Blau	10, 15, 30 Min
Grau/weiß	0,5 bis 5 Std
Rosa	7 Std

Tabelle 4. Beispiel für Farbstadien bei 120 Min Hitzedauer und unterschiedlichen Temperaturintervallen (Zahnwurzel)

Farbstadien	Temperaturintervall, Dauer 120 Min
Natürliche Farbe	100°C
Gelborange	200°C
Schwarz	300°C
Braun	400°C, 500°C, 600°C
Blau/perlweiß	700°C
Grau/weiß	800°C, 900°C
Rosa	1000°C

Umgekehrt nimmt bei konstanter Zeit von 120 Minuten und steigender Temperatur die Zahnwurzel folgende Farbtöne an (Tab. 4).

Diskussion

Im Schrifttum ist bisher weder systematisch und exakt noch dokumentarisch die Frage belegt, welchen objektivierbaren Farbenwandel die drei Zahnhartgewebe (Schmelz, Dentin und Zement) unter definierten Temperatur-Zeitintervallen durchlaufen. Einzelbeobachtungen liegen vor, die Brandparameter sind jedoch unzureichend beschrieben. Auch die postmortalen Brandeffekte nach experimentellen Verbrennungsvorgängen sind keineswegs, wie Berg [1958] meint, „besonders eingehend studiert“ worden.

Abgesehen von ersten Untersuchungen (Dégranges 1856) ist ein Bemühen um Systematik bei v. Hofmann (1876) und Zillner (1882) zu erkennen. v. Hofmann (1876) beobachtete, daß bei „höchster Verbrennung“ die Zähne weißgebrannt und überaus bröckelig sind. Der Schmelz verliert von seinem Glanz. In den ersten Verbrennungsstadien sind die Zähne von einem metallischen Glanz überzogen und schwarz bis schwarzbraun. Zillner (1882) bestätigt v. Hofmann (1876) bezüglich der Farbenfolge, ergänzt die Beobachtungen um ein blau-graues Stadium vor Eintritt der Kalzination. Eine rosarote Verfärbung, wie wir sie bei höheren Temperaturen gesehen haben, erwähnen Zillner (1882) und v. Hofmann (1876) nicht.

Glanz als ein den Farbton beeinflussendes Merkmal wird bei Zillner (1882) sowohl mit Pechglanz als auch mit Anthrazitglanz beschrieben. Als Anthrazitglanz sollte man den metallischen Glanz des Schmelzes bezeichnen, der sehr ausgeprägt bei 500°C und 5 bis 15 Min Hitzedauer auftritt. Pechglanz bezieht sich auf die Zahnwurzel, wir haben sie als „teerig schwarz glänzend“ beschrieben. Als Variante hat Gebhardt (1923) den Kronenglanz mit „Messingglanz“ (= Metallglanz) abgegeben und grenzt ihn gegen den Pech- und Anthrazitglanz der Wurzeloberfläche ab. Die Untersuchungsergebnisse von Böhmer (1932) mit Hitzegraden „etwa zwischen 600 und 1200°C“ erwähnen als einzige Farbbezeichnung nach 2,5 Min für einen oberen Schneidezahn: „Wurzel schwärzt sich“.

Übereinstimmung besteht hinsichtlich der Dauer des Glanzes: Schmelzglanz bleibt immer bestehen, bei höheren Temperaturen ist er abgeschwächt. Wurzelglanz verliert sich kontinuierlich mit steigender Temperatur. Ursächlich sind parodontale Gewebereste, die im nahezu vollständig mineralisierten Schmelz fehlen.

Die von Günther (1951) und Günther u. Schmidt (1953) durchgeföhrten Verbrennungsversuche an Leichen unter Krematoriumsbedingungen (1000° bis 1100°C, 8 Min bis 75 Min) sind mit unserer experimentellen Anordnung des isolierten Einzelzahnes nicht direkt zu vergleichen entgegen den Beobachtungen von Fritzsch (1973) und Machlitt (1973). Eine gewisse Korrelation der Ergebnisse mit unseren liegt jedoch vor (Berrsche 1980). Nach 8–10 Minuten Hitzedauer wird an den Frontzähnen der von Hofmann (1876) beschriebene schwarze Metallglanz wahrgenommen, der Schmelz läßt sich abheben und das Zahnbein

wird in „stumpfer Schwärze“ sichtbar. Die Wurzeln, soweit sie freiliegen, zeigen den „matteren Anthrazit-Glanz (Zillner)“. Vergleichbar sind diese Befunde mit unseren bei den Parametern 1000°C/5 Min. Nach 13–16 Min erscheinen die Incisivi vom Schmelz befreit, die Zähne schwarz, die Praemolaren grau. Diese Farbtöne haben wir bereits nach 10 Min Hitzedauer gefunden, hier haben die schützenden Weichteile einen Isolationseffekt. Kalzination mit weißem Farbton war nach 20–25 Min zu bemerken, dies unverändert bis zu 75 Min Einwirkzeit. Die von uns bereits nach 60 Min festgestellte koronale Rosafärbung des Zementes wurde von Günther und Schmidt (1953) nicht registriert, da nach den intraoralen thermoelektrischen Messungen von Schweitzer und Eichenhofer (1980) an Leichen unter Krematoriumsbedingungen unsere an Schafsköpfen gewonnene Erfahrung bestätigt wird, daß der Schutz der Gesichtsweichteile zu einem verzögerten Anstieg der Mundhöhlentemperatur führt.

Neben den spärlichen deskriptiven Farbbefunden ist uns im Schrifttum nur eine einzige Farbdokumentation begegnet (Keiser-Nielsen 1980). Der dort abgebildete Prämolar nebst Fragmenten zeigt einen Grünton, der weder je beschrieben noch von uns gesehen wurde (drucktechnisches Artefakt?). Mit Sicherheit trifft die Legende („Calcinated teeth“!) nicht den dargestellten Farbton. Schwarz-Weiß-Abbildungen zur Darstellung der „Dents calcinées“ (Derobert 1974) sind ungeeignet.

Unsere Ergebnisse fassen wir dahingehend zusammen, daß farbliche Veränderungen an den Zähnen regelmäßig nacheinander mit steigender Temperatur oder mit zunehmender Zeit wie folgt auftreten:

1. Abdunkeln der natürlichen Zahngarbe
2. Schwarz (Pech-, Anthrazit-, Metallglanz)
3. Brauntöne
4. Blau (nicht am Schmelz auftretend)
5. Grau
6. Weiß (nicht am Schmelz, dort nur Grau)
7. Rosa

Dabei verhalten sie die drei Zahnhartgewebe Schmelz, Dentin und Zement nicht gleichartig.

Die besten Resultate liefern die Zahnwurzelfarben. Den untersuchten Temperatur-Zeitintervallen sind acht Farbbereiche (DIN-Farbtöne) zuzuordnen:

1. Kein Unterschied zu natürlichen Zahngarbtönen
2. Gelborange
3. Schwarz
4. Beigebraun und andere Brauntöne
5. Blau mit weißer Wurzel spitze
6. Blau
7. Grau bis Weiß
8. Rosa

Bestimmte Farbtöne treten bei höheren Temperaturen früher auf als bei tieferen und benötigen dafür weniger Zeit. Umgekehrt wird bei tieferen Temperaturen eine längere Zeit benötigt, bis eine entsprechende Farbänderung

eintritt: Temperatur und Zeit verhalten sich zur Geschwindigkeit der Farbänderungen umgekehrt proportional.

Die dünneren apikalen Wurzelanteile ändern schneller die Farbe als die koronalen. Ähnlich zeigen die äußere und innere Dentinschicht immer früher die nächste Farbstufe als das Intermediärdentin.

Ein postmortaler Farbenwandel an Zahnhartgewebe als thermischer Verbrennungsbefund ist somit geeignet, Rückschlüsse auf die Brandparameter Temperatur und Zeit zu ziehen. Die systematische Klärung des morphologischen Destruktionsgrades der Zahnhartgewebe nach Hitzeinwirkung bleibt einer weiteren Untersuchung vorbehalten.

Literatur

- Berg St (1958) Wie Lebensversicherungs- und sonstiger Versicherungsbetrug geklärt wurde.
Die Identifizierung von Brandleichen. Arch f Krim 122:81–89
- Berrsche R (1980) Colortechnische Auswertung von Zähnen nach Glühversuchen zur Klärung von Brandbedingungen. Med Diss, Mainz
- Böhmer K (1932) Identifikation nach Verbrennung. Z f d ges Gerichtl Med 18:250–269
- Dégranges OV (1856) Referat über das Verhalten verschiedener Körperteile bei der Verbrennung. Schmidts Jahrb 90:98–109
- Dérobert L (1974) L'identification et ses problèmes. In: Médecine Légale. Flammarion Médecine-Sciences, Paris
- DIN-Farbatlas 6164 (1962) Beuth Vertrieb, Berlin Köln
- Fritsch M (1973) Folgen thermischen Einflusses (Verbrennungsuntersuchungen am Schädel). Med Dipl Arb, Leipzig
- Gebhardt H (1923) Verbrennungerscheinungen an Zähnen und Zahnersatz und ihre gerichtsärztliche Bedeutung für die Identifizierung verbrannter Leichen. Z f d ges Gerichtl Med 2:191–209
- Günther H (1951) Identifikation verbrannter Leichen in verschiedenen Verbrennungsstadien aufgrund der Zähne und des Zahnersatzes. Med Diss, Göttingen
- Günther H, Schmidt O (1953) Die Zerstörung des menschlichen Gebisses im Verlauf der Einwirkung hoher Temperaturen. Dtsch Z gerichtl Med 42:1980–188
- Hofmann E v (1876) Die forensisch wichtigsten Leichenerscheinungen. Vierteljahrsschr f gerichtl Med u öff Sanitätsw N F 25:229–239
- Keiser-Nielsen S (1980) Person identification by means of the teeth. John Wright, Bristol
- Machlitt J (1973) Folgen thermischen Einflusses auf Zahn und Zahnreihe (isoliert am Kiefer, ohne Kiefer am isolierten Zahn). Med Dipl Arb, Leipzig
- RAL-Farbregister 840 H R (1974) Musterschmidt, Göttingen Berlin Frankfurt
- Schweitzer H, Eichenhofer W (1980) Temperaturen in der Mundhöhle bei Verbrennungen mit hohen Temperaturen (Thermoelektrische Messungen). Zentralbl Rechtsmed 20:38–39
- Wyszecki G (1960) Farbsysteme. Musterschmidt, Göttingen Berlin Frankfurt
- Zillner E (1882) Beitrag zur Lehre von der Verbrennung nach Befunden an Leichen beim Ringtheaterbrände Verunglückter. Vierteljahrsschr f gerichtl Med u öff Sanitätsw N F 37:243–244