

# Rückstände in Kochgefässen – Zum Phänomen der Knochenasche

Christine Keller, Yvonne Gerber und Willem B. Stern

<https://doi.org/10.12685/jbab.1999.129-146>  
CC BY 4.0

## Schlüsselwörter

Basel (BS), Mittelalter (12.–15. Jh.), Keramik, Kochgefässe, Knochenasche, Rückstände in Gefässen, Glasuren, Engobe, Whitlockit, chemische Analysen, Hausrat.

## mots clef

Bâle (ville), Moyen Age (XIIe–XVe siècle), céramique, marmites, cendre d'os calcinés, résidus, vernis, engobe, Whitlockit, analyses chimiques, mobilier et ustensiles de ménage.

## key-words

Basle (city of), Middle Ages (12<sup>th</sup>–15<sup>th</sup> century), ceramics, cooking vessels, bone ash, residues in vessels, glazes, slip, Whitlockit, chemical analyses, household goods.

## Zusammenfassung

Die chemische Analyse von Rückständen in spätmittelalterlichen Kochgefässen hat ergeben, dass es sich hierbei um zermahlene und kalzinierte Knochen, also um Knochenasche handelt. Obschon solche Rückstände in Gefässen vom optischen Erscheinungsbild her vielerorts bekannt sind, stehen wir hinsichtlich ihrer Funktion und Bedeutung vor vielen Fragen. Diese sonderbare Innenbeschichtung kommt sowohl auf unglasierter wie auch auf glasierter Keramik vor. Da sie über der Glasur liegt, kann es sich nicht um eine Engobe handeln. Wurden in privaten Haushaltungen Knochen verwertet, wofür man Kochtöpfe zweckentfremdet hat, oder hat man Knochenasche als zusätzliche Schutzschicht – vergleichbar mit der modernen Teflonbeschichtung – in den Kochgefässen aufgetragen?

## Inhalt

129	Einleitung
129	1. Die Rückstände
131	2. Katalog
135	3. Die Analysenmethode (von Yvonne Gerber und Willem B. Stern)
135	3.1 Chemische Erhebung
136	3.2 Mineralogisch-Kristallografische Erhebung
137	3.3 Experimentelle Untersuchungen
137	4. Knochenasche – Whitlockit
138	5. Anwendungsbereiche der Knochenasche
140	6. Zur Herstellung der Knochenasche
140	7. Schlussfolgerungen
142	Literatur
142	Abbildungsnachweise
143	Anmerkungen
144	Anhang

## Einleitung

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Bearbeitung von Gefässkeramik, die verschiedene Ensembles aus privaten Haushaltungen der Stadt Basel des 13. bis 17. Jahrhunderts berücksichtigte, sind in Kochgefässen wiederholt helle Ablagerungen aufgefallen, deren Funktion und Bedeutung einige Fragen aufwarfen<sup>1</sup>. Da solche Ablagerungen zwar schon mehrfach beobachtet worden sind – und das nicht nur in der Stadt Basel<sup>2</sup> –, Funktion und Bedeutung der selben hingegen unbekannt sind, soll hier die Zusammensetzung und eine mögliche Interpretation dieser sonderbaren Rückstände diskutiert werden. Erste chemische Untersuchungen erfolgten bereits im Jahre 1992. Die selbe Fragestellung wurde 1999, anlässlich der Untersuchung keramischer Funde aus spätmittelalterlichen Latrinen an der St. Alban-Vorstadt 28–32, wieder aufgegriffen<sup>3</sup>. Als dort die selben Phänomene erneut in grosser Zahl festgestellt wurden, konnte ein zweites Kontingent an Proben einer chemischen Untersuchung unterzogen werden. Die neuen Ergebnisse bestätigten die Analysen von 1992.

## 1. Die Rückstände

Die Rückstände sind charakterisiert durch einen meist gleichmässigen, homogenen, unterschiedlich dicken, hellen, crèmefarbenen Belag. Diese Schicht liegt bei unglasierter Keramik direkt auf dem Scherben und bei glasierter Keramik über der Glasur. In beiden Fällen haftet die Schicht auffallend gut. Die Beschichtung ist porös und weist keine nennenswerten Verunreinigungen oder Einschlüsse grösserer Partikel von pflanzlichen oder tierischen Überresten auf; es handelt sich also um ein reines Material.

Optisch entsprechen die Rückstände einer weissen Engobe (Abb. 1). Weisse Engoben bestehen aus einem feinen, wässrigen Tonschlicker, der als Grundierung für die Glasur





**Abb. 1** Basel, Nadelberg 37, 2. Hälfte 15. Jh. Randoberseite einer gelb glasierten Schüssel. Die dünn aufgetragene weisse Engobe deckt die Oberfläche; darüber liegt die gelbe Glasur auf.



**Abb. 2** Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32. 1. Hälfte 15. Jh. Bodenfragment einer flachen Henkelschüssel. Die ganze Innenseite ist engobiert. Halbfabrikat.

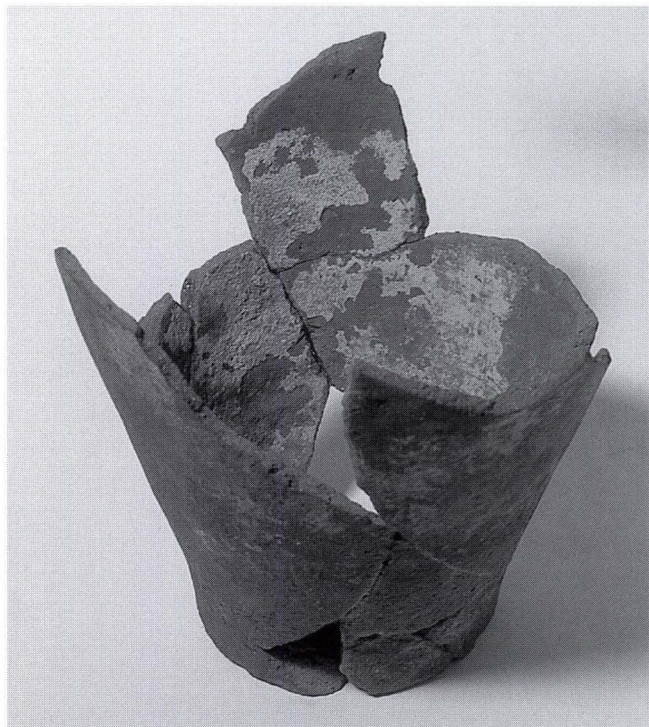
dient. Die Gefässe werden entweder in die flüssige Engobe eingetaucht, oder die Engoben werden partiell mit einem Pinsel oder einer Kelle auf das Gefäss aufgetragen. Das Engobieren der Gefässe geschieht in deren lederhartem Zustand. Anschliessend werden die engobierten Gefässe vorgebrannt, dann erst glasiert und noch einmal gebrannt. Eine Engobe begünstigt das Anhaften der Glasur und bringt die Glasurfarben besser zur Geltung.

Haptisch unterscheidet sich die hier zur Diskussion stehende Beschichtung allerdings von einer Engobe; sie fühlt sich weich und kreidig an. Engoben sind in der Regel dünn aufgetragen und haben eine eher rauhe Oberfläche, bedingt durch

die Struktur der darunter liegenden keramischen Oberfläche. Gegen eine Deutung als Engobe spricht ferner die Tatsache, dass diese Ablagerungen bei glasierten Gefässen *über* den Glasuren vorzufinden sind, während eine Engobe stets als Glasurunterlage dient. Nur bei Halbfabrikaten liegt die Engobe flächendeckend auf der Scherbenoberfläche auf (Abb. 2).

Die beige Rückstände zeigen nebst der Ähnlichkeit zu Engoben auch eine grosse Ähnlichkeit zu Kalkablagerungen (Abb. 3). Kalk lagert sich nach wiederholtem Gebrauch in Wasserbehältern, in Bügelkannen und Krügen, ab. Liegt die Keramik in einem feuchten Bodenklima oder in einem Latrinenschacht, kann sich Kalk auch noch im Boden an der Oberfläche

**Abb. 3** Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32. 1. Hälfte 15. Jh. Schlanker Kochtopf mit Karniesrand. Kalkablagerungen auf der Innen- und Aussenseite.





der Gefässe ansetzen. Die Annahme, dass es sich bei besagter Ablagerung um Kalkrückstände – sei es durch den Gebrauch, sei es durch die Bodenlagerung – handelt, konnte durch einen einfachen Test mit Salzsäure widerlegt werden. Bei diesem Versuch lässt man mit Hilfe einer Pipette einen Tropfen Salzsäure auf die vermeintliche Kalkschicht träufeln. Kalk löst sich bei Einwirkung von Säure sofort auf. Die hier zur Diskussion stehende Substanz verhielt sich allerdings gegen Säure resistent; also kann es sich nicht um Kalk handeln.

Da die dargelegten Eigenschaften eine Interpretation der Substanz als Kalkrückstand oder Engobe nicht zulassen, drängt sich die Vermutung auf, es handle sich hier um Kochrückstände, was aufgrund der Funktion der Gefässe auch naheliegend wäre. Die Ablagerungen erinnern in ihren optischen und haptischen Eigenschaften an Rückstände von milchhaltigen, breiartigen Speisen oder Eiergerichten.

Um die Zusammensetzung der Ablagerungen eindeutig zu klären, wurde eine Auswahl an Gefässproben dem Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Basel zur chemischen Untersuchung übergeben<sup>4</sup>.

## 2. Katalog

Die untersuchten Scherben und Gefässfragmente stammen alle aus der Stadt Basel, aus Fundzusammenhängen, welche auf Abfall, bzw. auf entsorgtes Geschirr aus privaten Haushaltungen schliessen lassen. Folgende Gefässfragmente sind auf die Zusammensetzung ihrer Ablagerungen im Gefässinneren untersucht worden:

### 1 (Abb. 4)

Bodenscherbe eines unglasierten, reduzierend gebrannten, mittel gemagerten Topfes mit leichtem Wölboden. Die Schicht haftet im Inneren in einer gleichmässigen Dicke direkt auf dem Scherben auf.

Fundort: Basel-Stadt, Leonhardsgraben 47, Stadtgraben (FK 16 979, Inv.Nr. 1985/10.1343).

Datierung: Um 1300.

Abb. 4



### 2 (Abb. 5)

Bodenscherbe eines unglasierten, mittel gemagerten Topfes mit grauschwarzem Mantel und rotbraunem Kern, im Wechselbrand hergestellt. Auf der ganzen Innenseite sind helle, feine Ablagerungen erkennbar.

Fundort: Basel-Stadt, Leonhardsgraben 47, Stadtgraben (FK 16 986, Inv.Nr. 1985/10.1577).

Datierung: Zweite Hälfte 13. Jahrhundert.

### 3 (Abb. 6)

Bodenscherbe eines reduzierend grau gebrannten, unglasierten Topfes mit leichtem Wölboden. Die Beschichtung liegt in unregelmässiger Dichte auf der Innenseite direkt auf dem Scherben auf.

Fundort: Basel, Leonhardsgraben 47, Stadtgraben (FK 16 986, Inv.Nr. 1985/10.1597).

Datierung: Zweite Hälfte 13. Jahrhundert.

### 4 (Abb. 7)

Wandscherbe eines Topfes mit grauschwarzem Mantel und rotbraunem Kern, hergestellt im Wechselbrand. Die Beschichtung ist hier besonders dicht und homogen.

Fundort: Basel, Leonhardsgraben 47, Stadtgraben (FK 15 392, Inv.Nr. 1985/10.2421).

Datierung: Erste Hälfte 14. Jahrhundert.

### 5 (Abb. 8)

Fragment eines oxidierend gebrannten Dreibeintopfes mit farbloser Innenglasur. Die stellenweise abgeplatzte, sehr helle, beinahe weisse Schicht befindet sich über der Glasur.

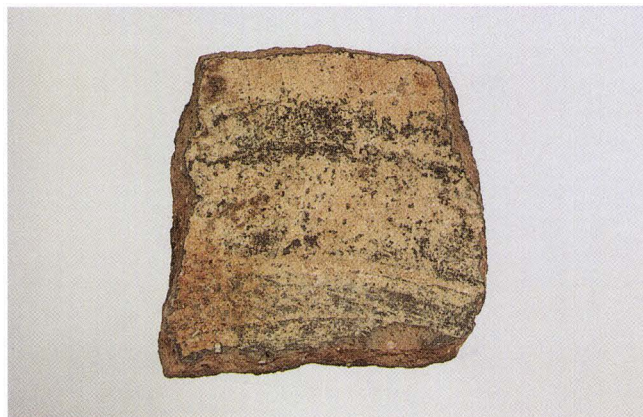
Fundort: Basel, Bäumleingasse 1–7, Kellereinfüllung (FK 17 794, Inv.Nr. 1988/41.676).

Datierung: Mitte 15. Jahrhundert.

### 6 (Abb. 9)

Bodenfragment eines reduzierend gebrannten, unglasierten Dreibeintopfes. Die Brandspuren auf der Aussenseite stammen vom Gebrauch als Kochtopf im Herdfeuer. Die Innenseite ist partiell mit einer ungleichmässigen dicken Schicht behaftet.

Abb. 5





Fundort: Basel, Bäumleingasse 1–7, Kellereinfüllung (FK 17794, Inv.Nr. 1988/41.687).

Datierung: Mitte 15. Jahrhundert.

7 (Abb. 10)

Bodenscherbe eines oxidierend gebrannten, innen farblos transparent glasierten Gefässes mit flachem Standboden, vermutlich von einem Henkeltopf. Auch hier befindet sich die beige Schicht beinahe flächendeckend über der Glasur.

Fundort: Basel, Nadelberg 37, Einfüllung (FK 9730, Inv.Nr. 1979/49.2099).

Datierung: Zweite Hälfte 15. Jahrhundert.

8 (Abb. 11)

Bodenscherbe eines oxidierend gebrannten Dreibeintopfes mit farbloser transparenter Innenglasur. Die über der Glasur aufliegende Schicht ist nur partiell nachweisbar.

Fundort: Basel, Nadelberg 20, Siedlungsschicht (FK 15875, Inv.Nr. 1985/31.1059).

Datierung: Zweite Hälfte 15. Jahrhundert.

9 (Abb. 12)

Wandscherbe eines oxidierend gebrannten Topfes mit brandgeschwärzter Aussenseite. Hier handelt es sich um ein

sehr schönes Beispiel der beige, kreidigen Innenbeschichtung, welche bei diesem Fragment in ihrer reinsten und homogensten Form auftritt. Sie deckt in gleichmässiger Dicke den ganzen Scherben.

Fundort: Basel, Nadelberg 20, Siedlungsschicht (FK 15966, Inv.Nr. 1985/31.1834).

Datierung: Zweite Hälfte 15. Jahrhundert.

10 (Abb. 13)

Wandscherbe eines Topfes mit transparenter, farbloser Innenglasur. Aussen durch den Gebrauch als Kochtopf stark verrusst. Die Ablagerungen sind hier erstaunlich dicht und ungleichmässig, so dass bei diesem Beispiel stets davon ausgegangen wurde, dass es sich eindeutig um Kochrückstände handeln muss.

Fundort: Basel, Spalenberg 40, Latrine (FK 8102, Inv.Nr. 1979/15.52).

Datierung: Zweite Hälfte 15. bis Anfang 16. Jahrhundert.

11 (Abb. 14)

Rand- und Wandfragment eines oxidierend gebrannten Dreibeintopfes mit partiell im Boden und am Randbereich aufgetragener farbloser Innenglasur. Die Schicht liegt in dünnem Auftrag auf der unglasierten Innenwand auf.



Abb. 6

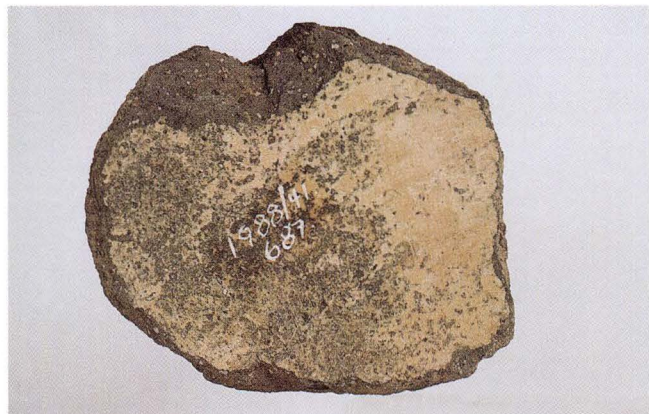


Abb. 7

Abb. 8



Abb. 9







**Abb. 10**

Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24907, Inv.Nr. 1996/14.557).  
Datierung: 15. Jahrhundert.

**12 (Abb. 15)**

Bodenfragment eines innen farblos glasierten Dreibeintopfes mit flachem Boden. Die Aussenseite ist durch den Gebrauch als Kochtopf im Herdfeuer verrusst. Die helle Schicht liegt über der Glasur, nicht die ganze Innenseite deckend.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24907, Inv.Nr. 1996/14.633).  
Datierung: 15. Jahrhundert.

**13 (Abb. 16)**

Bodenfragment eines oxidierend gebrannten, innen farblos glasierten Dreibeintopfes. Entgegen dem vorangegangenen Beispiel ist hier beinahe die ganze Innenseite beschichtet.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24913, Inv.Nr. 1996/14.1174).  
Datierung: 15. Jahrhundert.

**14 (Abb. 17)**

Untere Hälfte eines oxidierend gebrannten Henkeltopfes mit flachem Standboden, innen unregelmässig farblos transparent glasiert. Auf der Innenwand zieht sich eine senkrechte, breite Spur von Knochenasche über das Gefäss. Bei der hellen Beschichtung auf der Aussenwand handelt es sich nachweislich um Latrinensubstanz und Kalk.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24907, Inv.Nr. 1996/14.534).  
Datierung: 15. Jahrhundert.

**15 (Abb. 18, Diffraktogramm)**

Bodenfragment eines oxidierend gebrannten Dreibeintopfes. Innen farblose Transparentglasur, darüber liegt nahezu flächendeckend die Knochenasche.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24907, Inv.Nr. 1996/14.626).  
Datierung: 15. Jahrhundert.



**Abb. 11**

**16**

Bodenfragment eines oxidierend gebrannten Dreibeintopfes mit farbloser Transparentglasur im Inneren. Über der Glasur liegt nahezu flächendeckend die Knochenasche.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24907, Inv.Nr. 1996/14.612).  
Datierung: 15. Jahrhundert.

**17 (Diffraktogramm)**

Wandscherbe eines unglasierten Topfes mit innen anhaftender Knochenasche.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24911, Inv.Nr. 1996/14.1040).  
Datierung: 15. Jahrhundert.

**18**

Wandscherbe eines oxidierend gebrannten, innen glasierten Dreibeintopfes mit beinahe flächendeckender Knochenasche, über der Glasur aufliegend.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24913, Inv.Nr. 1996/14.1237).  
Datierung: 15. Jahrhundert.

**19**

Bodenscherbe eines oxidierend gebrannten Dreibeingefässes mit einer dünnen, farblosen Transparentglasur. Darüber haftet in dickem Auftrag die Knochenasche.  
Fundort: Basel, St. Alban-Vorstadt 30/32, Latrine (FK 24913, Inv.Nr. 1996/14.1190).  
Datierung: 15. Jahrhundert.



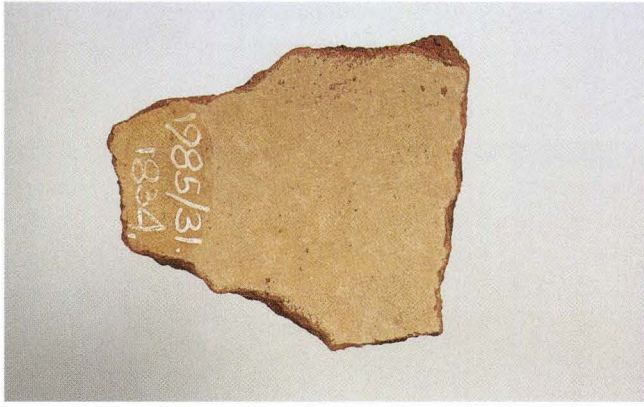


Abb. 12



Abb. 13



Abb. 14



Abb. 15



Abb. 16



Abb. 17



Abb. 18



### 3. Die Analysenmethode

Yvonne Gerber und Willem B. Stern

1992 wurde im Geochemischen Labor des Mineralogisch-Petrographischen Instituts der Universität Basel von Dr. Noëlle Gmür Brianza eine erste Gruppe von Gefässfragmenten analysiert. Sie umfasst die Katalognummern 1–2, 4 und 7–10. Eine weitere Gruppe bestehend aus den Katalognummern 12–19 wurde 1999 von Yvonne Gerber unter der Leitung von Prof. Willem B. Stern analysiert.

Alle Proben wurden auf ihre chemische Zusammensetzung hin untersucht. Mineralogisch wurden hingegen nur die weissen Rückstände der Katalognummern 9, 14–15 und 17 geprüft. Von den Rückständen im Gefässinneren der Katalognummern 17–18 wurden jeweils zwei Proben an verschiedenen Stellen für die chemische Analyse entnommen. Die Gefässe, die durch die Katalognummern 3, 5, 6 und 11 repräsentiert werden, lagen für die archäometrischen Untersuchungen nicht vor. Dennoch sind sie – wohl aufgrund des haptischen Eindruckes der weisslichen Ablagerung im Gefässinneren – der Kategorie der Gefässe mit Knochenasche zugeordnet worden.

#### 3.1 Chemische Erhebung

##### *Probenzubereitung und Messbedingungen*

Die chemischen Analysen der weisslichen Rückstände erfolgten durch energiedispersive Röntgenfluoreszenzspektrometrie (ED-XFA)<sup>5</sup>.

Die chemischen Untersuchungen von 1992 waren zerstörungsfrei, d. h. ohne Entnahme von Teilproben, vorgenommen worden. Die Scherbenfragmente wurden damals als Festkörper mit der beschichteten Innenseite detektorseitig auf den Probenhalter des Spektrometers<sup>6</sup> positioniert und gemessen.

1999 war die Probenzubereitung grundsätzlich anders. Von der weissen Ablagerung wurde eine kleine Probenmenge mit dem Skalpell abgeschabt, mittels eines Achat-Mörsers zerkleinert, auf ein Criminaltape<sup>7</sup> aufgetragen und auf eine Fläche von 14 mm im Durchmesser gleichmässig verteilt. Das Criminaltape aus hochreinem Kunststoff wurde für den Analysegang auf einen Plexiglashalter mit 15 mm-Bohrung geklebt. Die Analyse erfolgte also, im Gegensatz zu den Analysen von 1992, an pulverisierten, möglichst keramikfreien Teilproben. Die Proben wurden in einem Analysegang von drei Subroutinen im selben Spektrometer wie 1992 wie folgt analysiert:

Eichung, Standards: internationale Referenzproben (auf Criminaltape); Fundamentalparameter-Korrektur mit Summenormierung, Gew.-%; Totzeit immer < 50 %, Vakuum.

Der verwendete Spektrometer arbeitete mit einer Software (Version 1.35), die im Maximum 20 Elemente gleichzeitig aufrechnen kann. Für die vorliegende Untersuchung wurden insgesamt 18 Elemente ausgewählt und deren Analysenwerte in einer Datentabelle (Tab. 1, siehe Anhang) zusammengestellt. Die chemischen Haupt- und NebenkompONENTEN sind in Gewichts-Prozenten angegeben und entweder auf 1 Gew.-% oder 0,1 Gew.-% gerundet, Spurenelemente wie Blei, Rubidium, Antimon, Zinn und Zink auf 0,01 Gew.-%. Die ausgewiesenen prozentualen Werte sind wegen fehlender einheitlicher Probenkonditionierung und auch wegen der durch die Software beschränkten Anzahl der aufzurechnenden Elemente grundsätzlich als semi-quantitativ zu werten.

Die Haupt- und NebenkompONENTEN Silicium, Aluminium, Eisen, Magnesium, Calcium, Natrium, Kalium, Titan, Phosphor und Schwefel sind als Oxide geeicht und entsprechend wiedergegeben, da sie in der Natur nicht in elementarer Form vorliegen, Sauerstoff aber mit ED-XFA nicht erfasst werden kann.

##### *Auswertung*

Es überrascht nicht, dass die Analysenwerte von 1992 bei den meisten Elementen recht stark von den Werten von 1999 abweichen. Zu berücksichtigen ist, dass 1992 die ganzen Scherben, 1999 hingegen nur Teilproben analysiert wurden. Bei den Proben von 1992 wurde demnach teilweise auch die keramische Unterlage mitanalysiert, nicht aber bei den Proben von 1999, da die weisse Substanz von der Unterlage abgetrennt wurde.

Generell sind die silikatischen Anteile der 1992er-Proben höher als diejenigen der Neufunde. Besonders auffällig ist dies bei den Katalognummern 2, 8 und 10. Der hohe Bleianteil von Katalognummer 8 stammt von der farblosen transparenten, mitanalysierten Innenglasur, da die Schicht der Rückstände nicht flächendeckend war. Im Katalogteil wird ebenfalls darauf hingewiesen, dass die über der Glasur aufliegende weisse Schicht nur partiell nachweisbar ist.

Hier liegt wieder der vielfach erwähnte Sachverhalt vor, dass das Untersuchungsobjekt stofflich und strukturell heterogen aufgebaut sein kann, und dass infolge dessen die Analyse über mehrere, in sich verschiedene Probenbereiche mittelt<sup>8</sup>.

	Dalbe 99-L	Dalbe 99-M	Dalbe 99-S
Röhrenspannung	10KV	30KV	50KV
Röhrenstrom	0.50 mA	0.90 mA	0.90 mA
Primärfilter	Kein Filter	Rhodium	Kupfer
Messdauer	200 sec	200 sec	200 sec
Energieskalierung	10 KeV	20 KeV	40 KeV
Dm Kollimator	3 mm	3 mm	3 mm
gemessene Elemente	Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ti, Ca, Fe	Cu, Rb, Zn, Au, Pb	Ag, Sn, Sb



Die miterfassten hohen Silicium- und Bleianteile der Glasur beeinflussen die prozentualen Werte der anderen Elemente. Da die Gesamtsumme stets 100 Gew.-% beträgt, sind die Calcium- und Phosphorwerte der 92er-Analysen durchwegs tiefer als diejenigen der 99er-Proben.

#### *Knochen als chemische und mineralogische Grösse*

Zunächst sei auf die Beschaffenheit von Knochen, dem vermuteten Ausgangsmaterial der weissen Rückstände, eingegangen.

Knochen ist ein strukturell und stofflich äusserst heterogener Körper, der zunächst als «Bio-Objekt» zu einem Drittel aus organischen Anteilen wie Kollagen und Fett besteht und zu zwei Dritteln aus Biomineralisationen, die ihnen Härte und Festigkeit verleihen. Werden durch Erhitzen des primär elastischen Knochens die verbindenden Kollagenfibrillen entfernt, so bleibt ein verhältnismässig sprödes Gerüst von *Apatit s. l.* zurück. Dieser Apatit ist sowohl chemisch als auch mineralogisch sehr komplex aufgebaut und besteht zur Hauptsache aus Calciumphosphat mit strukturell eingebauten Hydroxyl-, Carbonat-, Chlor- und Fluoranteilen<sup>9</sup>. Diese ihrem Wesen nach flüchtigen Bestandteile des mineralischen Knochens verschwinden unter thermischen Einwirkungen allmählich und führen zu einer weiteren Versprödung des mineralischen Knochens. Man darf wohl davon ausgehen, dass diese Veränderungsprozesse bei erhöhten Temperaturen, bei verlängerter Einwirkung hoher Temperaturen oder abhängig davon, ob es sich um grobe oder feine Knochenfragmente handelt (d. h. bei ungleicher Korngrössenverteilung) unterschiedlich verlaufen. So kann Knochen auch bei Umgebungstemperatur und genügend langer zeitlicher Einwirkung durch Entfernung des Kollagens und weiterer Bestandteile verspröden und umgewandelt werden.

Während also einzelne chemische Komponenten bei hohen Temperaturen allmählich aus dem Knochen verschwinden, behält der verbleibende Rest zunächst seinen mineralischen Charakter – Apatit –, bis er sich schliesslich in ein neues Mineral – Whitlockit<sup>10</sup> – umwandelt.

#### *Interpretation*

Die chemischen Hauptbestandteile von Knochen sind Calcium- und Phosphoroxid. Neben- und Spurenkomponenten sind u. a. Fluor, Chlor, Natrium-, Magnesium-, Aluminium-, Silicium-, Schwefel-, Kalium-, Eisen-, Zinn- und Strontiumoxid<sup>11</sup>.

Die chemische Analyse der Proben mit ihren jeweiligen hohen Calcium- und Phosphoranteilen legt die Anwesenheit von Calciumphosphat nahe und lässt den Schluss zu, dass es sich bei den weissen Ablagerungen auf den Gefässinnenwänden um (ehemalige) Knochensubstanz handeln muss.

### 3.2 Mineralogisch-kristallographische Erhebung

#### *Fragestellung*

Da die chemische Zusammensetzung – Calciumphosphat – noch keine Aussage darüber zulässt, welche Temperaturen auf den ursprünglichen Knochen eingewirkt haben, sollte mittels Röntgenbeugung (XRD) die mineralische Natur der weissen Calciumphosphatschicht abgeklärt werden. Gemäss Literatur<sup>12</sup> ist davon auszugehen, dass die zunächst überaus feinkörnigen Apatitplättchen, die den lebenden Knochen aufbauen und infolge ihrer geringen mikrostrukturellen Ordnung ein «verwaschenes» Beugungsbild mit sehr breiten Röntgenreflexen ergeben, unter Temperatureinwirkung ihre strukturelle Ordnung vergrössern, was zu allmählich schmaleren Röntgenreflexen mit geringerem Höhen-Breitenindex, d. h. zu geringeren Halbwertsbreiten führt. Die Lage der einzelnen Röntgenreflexe wird dabei – der an sich noch gleich bleibenden mineralischen Beschaffenheit entsprechend – zunächst *nicht verändert*. Mit zunehmender Hitzeeinwirkung auf den Knochen wird das Röntgenbeugungsbild dann aber schmaler werdende Reflexe bei gleichem Beugungswinkel zeigen und schliesslich verschwindende, bzw. bei anderen Beugungswinkeln sich neu aufbauende Röntgenreflexe, sobald ein neues Mineral, wie Whitlockit, entsteht.

#### *Probenzubereitung und Messbedingungen*

Von drei Gefässfragmenten (Katalog-Nrn. 14, 15, 17) sind weitere 20 mg des weissen Rückstandes mit dem Skalpell abgeschabt, zermahlen und mit einem neutralen Klebstoff auf eine Folie fixiert worden<sup>13</sup>. Von diesen drei Proben wurden mit der Röntgenbeugungsmethode (XRD) unter folgenden Anregungsbedingungen Diffraktogramme erstellt<sup>14</sup>:

Anregung: Graphit-Sekundärmonochromator – Cu-Strahlung – 40kV – 30mA
Blendenkonfiguration: 3/3-3/1-.05-.15
Aufnahmen: step size: 0.030 – °2 Theta – step time: 2 s

#### *Auswertung*

Die Diffraktogramme (Grafik 1, Anhang) sind nicht überarbeitet worden, d. h. es ist weder der Untergrund abgezogen noch sind sie geglättet worden. Die Interpretation der Diffraktogramme ist trotz des starken Untergrundrauschens – die Probenmenge war mit ca. 20 mg sehr klein – recht eindeutig.

Alle drei Diffraktogramme weisen Whitlockit [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  oder  $(\text{Ca},\text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2$ ] auf, wie aus den blauen bzw. roten Linien in Grafik 1 ersichtlich ist. Im Vergleich dazu sind auch noch grüne Linien, die die Positionen der Chlorapatit-Reflexe angeben würden, eingeblendet<sup>15</sup>. Dies zeigt sehr deutlich, dass es sich bei den Rückständen in den mittelalterlichen Gefässen um Whitlockit und nicht um Apatit handelt.



### 3.3 Experimentelle Untersuchungen

Wo verbrannter Knochen Gegenstand chemischer Untersuchungen – namentlich Röntgenbeugung – war, konnte bis anhin meist nur Apatit und kein Whitlockit nachgewiesen werden.

Bei hallstattzeitlicher Keramik kommt es als «farbiges» Inkrustationsmaterial in den vertieften Ritzlinien<sup>16</sup> oder als Innenbeschichtung von Gefässen<sup>17</sup> vor. Auch bei mittelalterlichen Aschenkupellen – wie etwa diejenigen aus dem Laboratorium von Oberstockstall – erbrachten röntgendiffraktometrische Untersuchungen den Nachweis von Apatit<sup>18</sup>.

In anderen Untersuchungen an Basler und Breisacher Gefässfragmenten aus spätmittelalterlichen Fundzusammenhängen konnte ebenfalls Whitlockit nachgewiesen werden. Es handelt sich dabei um Knochenasche – Whitlockit –, die dort gezielt als Flussmittel in der Glasurherstellung für spätmittelalterliche Keramik eingesetzt wurde<sup>19</sup> oder als Unterlage der Glasur Verwendung fand.

Entsprechende Untersuchungen von Shipman/Foster/Schoeninger (1984) an rezenten Tierknochen und Zähnen von Ziege und Schaf und von Handschin/Stern (1994) an rezenten menschlichen Knochen zeigen auf, dass sowohl bei tierischen wie auch bei menschlichen Knochen die mineralogisch-kristalline Struktur, selbst wenn der Knochen Temperaturen von 600–940 °C unterworfen war, immer noch derjenigen von Apatit und nicht derjenigen von Whitlockit entspricht.

Zwischen 150 °C und 400 °C wird dem Knochen durch die Erhitzung Wasser und Kollagen entzogen. Ein denkbarer positiver Nebeneffekt für den «Laboranten» im Mittelalter könnte dabei das gleichzeitige Gewinnen von Knochenleim (Kollagen) gewesen sein.

Bei Temperaturen zwischen 525 °C und 645 °C findet die Dekarbonisierung des Apatit statt<sup>20</sup>; eine graduelle Vergrösserung der Apatit-Plättchen ist feststellbar. Bei Temperaturen über 645 °C sind dann nur noch minime Veränderungen der Apatit-Reflexe zu beobachten<sup>21</sup>.

Diese experimentellen Brennversuche mit Tierknochen lassen darauf schliessen, dass auch im vorliegenden Fall die Knochen einer Temperatur von im Minimum 645 °C ausgesetzt gewesen sein müssen, um die weissliche Knochenasche zu erhalten, weil erst von dieser Temperatur an sich die schwärzliche Farbe des Knochens – mit etwas blauem oder rot-gelblichem Farbstich – wieder zu neutral weisser Farbe – manchmal mit einem leicht bläulich-grauen Zusatz – verändert<sup>22</sup>.

Bislang noch ohne Antwort bleibt die Frage, bei welchem Prozess sich die kristalline Struktur des Knochens von (Fluor-, Chlor-, Carbonat-, Hydroxyl-)Apatit zu Whitlockit umwandelt. Eine im Geochemischen Labor begonnene Versuchsreihe von Messungen an Teilproben eines menschlichen Knochens (femur corticalis und spongiosa) mittels Röntgenbeugung (XRD) und die Auswertung der Diffraktogramme (Grafik 2, Anhang) bestätigen die 1984 durchgeführten Experimente von Shipman/Foster/Schoeninger.

Für die Versuche wurde die Temperatur von 100 °C jeweils um 200 °C angehoben, ab 900 °C um 100 °C. Die mineralogisch-kristalline Struktur des Knochens bleibt selbst bei Temperaturen um 1170 °C noch diejenige von Apatit. Zwischen 500 °C und 700 °C findet zwar, wie bereits Shipman/Foster/Schoeninger (1984) betonten, eine auffällige und abrupte Veränderung im Kristallgitter statt; die Apatit-Reflexe (peaks von 31–34 °C) werden mit zunehmender Temperatur schmaler, der Höhen-Breitenindex geringer, bis sich bei hohen Beugungswinkeln das Cu K<sub>α2</sub>-Duplett ausbildet; es findet aber keine eigentliche Mineralneubildung statt.

Von der Höhe der Brenntemperatur kann der Umwandlungsprozess von Apatit in Whitlockit also nicht abhängen. Inwiefern die Dauer und/oder Art des Brandes sowie die Korngrössenverteilung im Knochen eine Rolle spielen, ist ungewiss. Denkbar wäre auch eine besondere Art von Kalzinationsprozess, von dem Ercker (1574) oder Libavius (1597) berichten<sup>23</sup>, oder aber, dass im Mittelalter die Knochen vor dem Erhitzen zuerst (chemisch ?) behandelt wurden<sup>24</sup>.

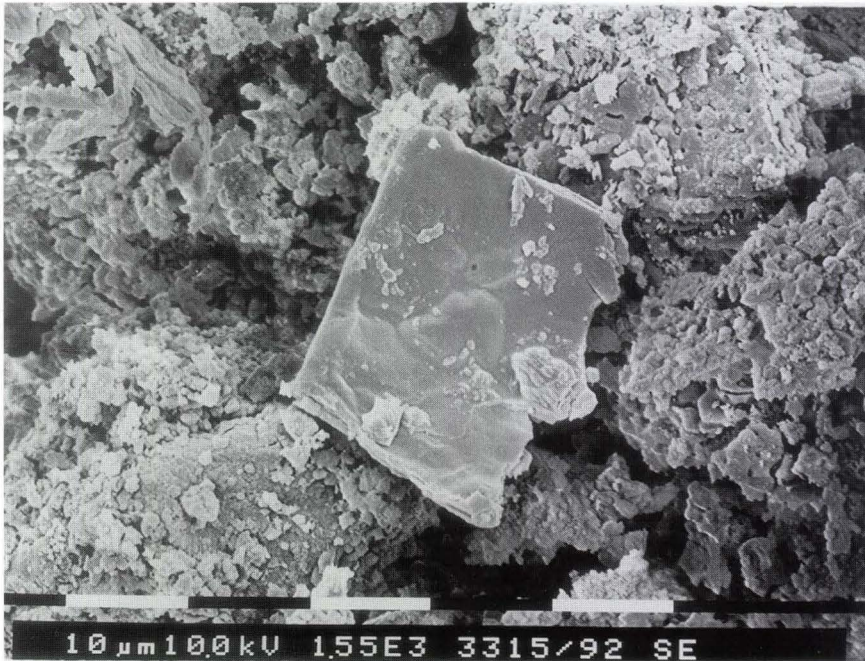
### 4. Knochenasche – Whitlockit

Die Untersuchungen, die mit verschiedenen Methoden durchgeführt worden sind, ergaben unabhängig voneinander das Ergebnis, dass es sich bei den Rückständen nicht – wie vermutet und ursprünglich erwartet – um Speisereste, sondern um Knochenasche, mineralogisch Whitlockit, handelt. Die Überraschung, dass es sich nicht um Kochrückstände handelt, war gross, denn das Vorhandensein von Knochenasche in mittelalterlichen Kochgefässen ergab keinen Sinn.

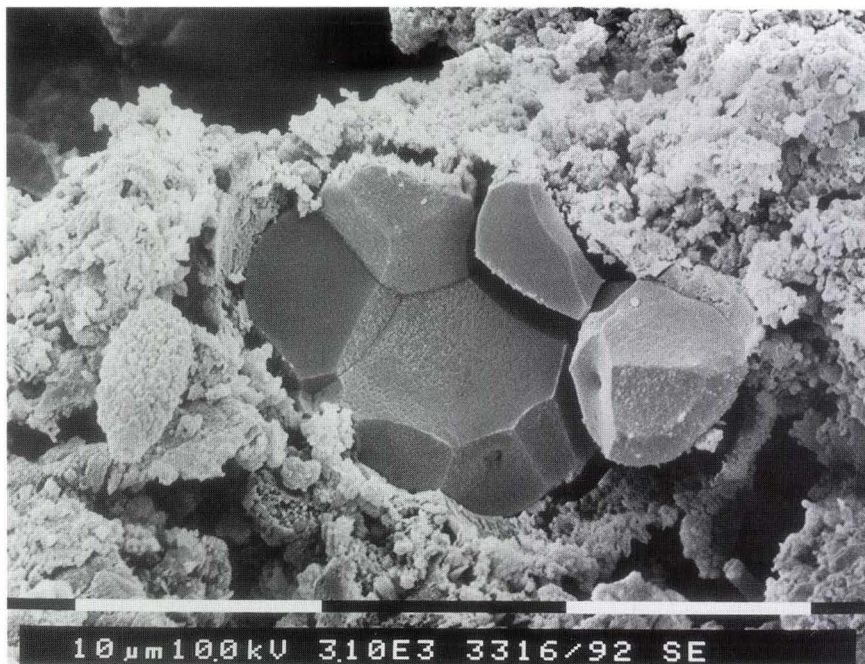
Das Vorkommen von Knochenasche steht weder mit einem bestimmten Gefässtyp in Zusammenhang, noch tritt dieses Phänomen in einer bestimmten Epoche auf. Knochenasche konnte in reduzierend gebrannter Keramik aus dem 12. Jahrhundert ebenso nachgewiesen werden, wie in oxidierend gebrannter glasierter Keramik aus dem ausgehenden 15. Jahrhundert. Eine Gemeinsamkeit besteht allerdings: Alle Gefässe gehören in die Kategorie der Kochgefässe. Knochenasche wurde bislang nur in Töpfen, Dreibeintöpfen, Dreibeinpfannen und Henkeltöpfen gefunden. Entsprechende Russ- und Brandspuren vom Herdfeuer auf der Aussen- und Bodenseite der Gefässe bestätigen ihre Funktion als Kochgeschirr – zumindest müssen sie dem Herdfeuer ausgesetzt gewesen sein. In Tafelgeschirr oder Gefässen anderer Funktion konnte Knochenasche bislang nicht festgestellt werden.

Die vorliegenden Scherben zeigen auch keinerlei Spuren einer überhöhten Erhitzung, was sich in einem völlig versinterten Scherbenbruchbild äussern würde, wie es für Gebrauchskeramik aus einem Werkstattbereich charakteristisch ist. Die hier untersuchten Töpfe unterscheiden sich von «normalen» Kochtöpfen also – abgesehen vom Nachweis der Knochenasche – in keinerlei Hinsicht.





**Abb. 19** REM-Aufnahme: Detail einer Kalkschicht. Kalk- und Kalzitkristalle.



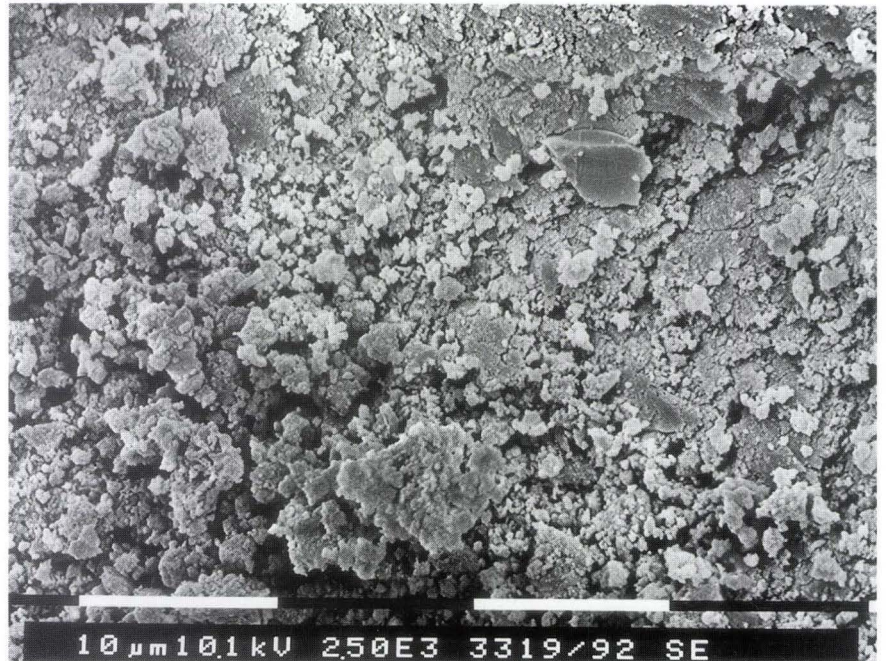
**Abb. 20** REM-Aufnahme: Detail einer Kalkschicht. Kalk- und Kalzitkristalle.

Im Rahmen der Untersuchungen von 1992 war es möglich, die Eigenschaften der Knochenasche im Vergleich mit Kalkablagerungen unter dem Rasterelektronenmikroskop zu werten<sup>25</sup>. Die optischen Unterschiede zwischen Knochenasche und natürlichen Kalkablagerungen sind deutlich erkennbar. Die Struktur der Knochenasche zeigt aneinander hängende Trauben, während beim Kalk die einzelnen Kalzitkristalle sichtbar sind (Abb. 19–22).

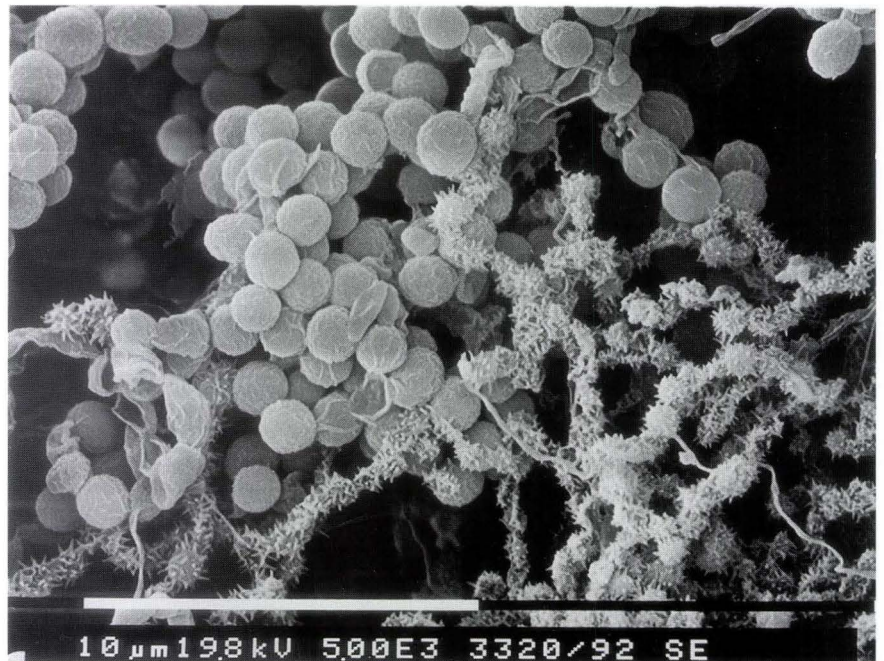
### 5. Anwendungsbereiche der Knochenasche

« ... es handelt sich meist um kalzinierte und gemahlene Rinderknochen. Wie die Mineralien Phosphorit und Apatit liefert Knochenasche Calciumphosphat. In Massen wird Knochenasche als Flussmittel eingesetzt, wobei das Calciumoxid als Flussmittel und das Phosphorpentoxid als Glasbildner in der schmelzflüssigen Phase wirkt. Dies verhindert ausserdem ein überschnelles Sintern. .... Knochenaschen bestehen aus ca. 55 % Calciumoxid (CaO), 40 % Phosphorpentoxid (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) und einem 5%igen Rest, bestehend aus fluor-, silizium-, magnesium- und alkalihaltigen Oxiden.»<sup>26</sup>





**Abb. 21** REM-Aufnahme: Detail  
Knochenasche auf Fund Inv.Nr. 1985/  
31.1834 (Kat. Nr. 9, Abb. 12).



**Abb. 22** REM-Aufnahme: Detail  
Knochenasche mit charakteristischen  
«Trauben».

Knochenasche wurde nicht erst im Mittelalter verwendet, sondern war bereits in der Eisenzeit ein bekanntes Material.

1966 sind Inkrustationen im Dekor hallstattzeitlicher Keramik auf ihre chemische Zusammensetzung hin analysiert worden<sup>27</sup>. Die Untersuchungen haben ergeben, dass es sich um Knochenasche handelt, die aufgrund ihrer hellen Farbe zur Auffüllung der vertieften Ornamente als optische Zierde diente. Die Knochenasche ist für diesen Zweck unter Zuhilfenahme von Ton in Form eines flüssigen Tonschlickers zu einer hellen Farbpaste vermischt worden.

Archäologische Ausgrabungen in Yverdon haben eine Serie hallstattzeitlicher Kochkeramik zu Tage gefördert, die analog zur vorliegenden mittelalterlichen Kochkeramik eine

Knochenasche-Schicht im Inneren der Gefäße aufweist<sup>28</sup>. Allerdings ergaben Untersuchungen zu deren Funktion bisher keine Resultate.

Weitere Nachforschungen im In- und Ausland betreffend Vorkommen und Funktion von Knochenasche-Rückständen in Kochkeramik erbrachten ebenfalls keine Erklärungen<sup>29</sup>.

Im Spätmittelalter wurde Knochenasche auch als Zusatz für die Herstellung farbiger Bleiglasuren verwendet. Glasierte Keramik aus Basel konnte auf die chemische Zusammensetzung der Glasur hin untersucht werden. Im Rahmen dieser Analysen ist Knochenasche eindeutig als Bestandteil der Glasur nachgewiesen worden<sup>30</sup>. Knochenaschehaltige Glasuren verfügen über ein begünstigtes Fließverhalten und betonen



eine reliefierte Oberfläche: Dies ist eine vor allem für die spätmittelalterlichen reliefierten und grün glasierten Ofenkacheln vorteilhafte Eigenschaft.

Ein weiteres Produkt, das hauptsächlich aus Knochenasche besteht, ist das Knochenporzellan. Hierfür werden bis zu 50% kalzinierte Rinderknochen verwendet<sup>31</sup>. Die Zugabe von Knochenasche bewirkt eine weisse, transparente Ware. Da aber Knochenporzellan erst im 18. Jahrhundert produziert wurde, steht es im vorliegenden Zusammenhang als möglicher Erklärungsansatz ausser Diskussion.

## 6. Zur Herstellung der Knochenasche

Die Art und Weise, wie man Knochenasche gewinnt, beschreibt Agricola sehr ausführlich in seiner technischen Abhandlung «De re metallica» von 1557<sup>32</sup>: *«Je älter die Asche, desto besser; sie muss auch vollkommen trocken sein. Deshalb ist Asche, die man durch Brennen von Knochen, vor allem von Schädelknochen der Tiere erzeugt, die allergeeignetste für Kapellen (Gefässe aus Asche), in zweiter Linie die aus Hirschgeweihen und aus Fischgräten hergestellte. Manche endlich nehmen Asche aus verbrannten Abgängen des Leders .... noch viel bessere lassen sich herstellen aus gleichen Teilen Asche von Lederabgängen, von Schädelknochen der Schafe und Kälber und von Hirschgeweihen ... »*<sup>33</sup>.

Lazarius Ercker, ein Zeitgenosse von Agricola, äussert sich in seinem grossen Berg- und Probierbuch von 1574 über die Gewinnung von Knochenasche wie folgt<sup>34</sup>: *« ... gute reine Bainesche habe/ Darzu nimb Bain [Knochen] die kein Marck oder kern Haben/ vnd bren die/ das sie weiss werden/ zuerstoss/ vn steub sie druch ein härens Siblein/ als dann so reib sie auff einem glatten stain/ zu einem melb/ so hast du die Bainesche auch zugerichtet ... »*<sup>35</sup>. Und weiter schildert Ercker das Präparieren von Rinderkopfknochen. Er erwähnt indes, dass er für die Herstellung von Knochenasche vielerlei Knochen ausprobiert habe *«... vnd befunden/ das die Kalbskopff Bain/ oder schalen/ die von der Stirn kommen/ am besten darzu seint/ Die nimb vnd wasche sie auss einem sudthaisten Wasser/ oder las sie mit dem Wasser wol sieden/ damit die fastigkeyt vnd vnreinigkeyt davon komme/ darnach drucken werden/ brenn sie als dann in feuer/ das sie schön weiss werden/ vnd stoss/ vnd reib sie auff einem stein/ feucht sie ein wenig mit Wasser an/ vnd thu sie in einen vnuerglasurten [unglasierten] topff mit einem stürzten verlutirt/ Setz die noch einmal in feuer oder Topff ofen/ lass sie bey vier stunden wol brennen/ vnd dann von selbst erkalten/ nim die aschen von den Bainen gebrandt auss dem Topff/ vnd reib sie auf einen glatte stein auff subtilste/ das sie ganz klar werden ... »*<sup>36</sup>.

Für die Herstellung der Knochenasche eigneten sich demnach die Schädelkalotten von Rindern oder Schafen am besten. Die gesäuberten Knochen wurden gebrannt oder in Töpfen gekocht, auf einem Stein oder in einem Mörser zerrieben und zu einem Mehl zermahlen. Für das Brennen von Knochen genügt eine Temperatur von 300–600 °C. Bei dieser Tem-

peratur zerfällt der Knochen, so dass er anschliessend mühe-los zerrieben werden kann.

Die Textstellen sind, was die Gewinnung und Aufbereitung von Knochen zu Knochenasche anbelangt, äusserst interessant und sehr aufschlussreich. Die Erläuterungen erklären auch das reine Material sowie die helle, cremefarbene (einst vielleicht weisse) Farbe der «Asche». Die Asche einer Kremation, bei welcher auch Fleischbestandteile und organische Reste verbrannt werden, hat eine dunkelgraue Farbe.

Unbeantwortet bleibt aber nach wie vor die Frage nach der Funktion von Knochenasche in Kochgefässen, denn die obigen Ausführungen weisen alle eindeutig auf eine Verwendung der Knochenasche in metallurgischem Zusammenhang hin.

## 7. Schlussfolgerungen

Es kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass die Geschirrabfälle mit Knochenaschespuren aus den Latrinen und Kelleraufschüttungen privater Haushaltungen von benachbarten Alchemistenlabors und Werkstätten stammen. Dies würde bedeuten, dass Kochgeschirr für den Laborgebrauch zweckentfremdet worden ist – eine im Mittelalter nicht unübliche Praxis.

Keramische Gefässe aus einem Basler Alchemistenlabor des ausgehenden 13. Jahrhunderts wurden chemisch auf Rückstände hin untersucht. Bei nur einem Gefäss – es handelt sich um ein Dreibeingefäss, das keine eindeutigen Metallspuren trägt – liegt eventuell eine Innenbeschichtung von Knochenasche vor. Bei den anderen, offensichtlich für die Metallgewinnung benutzten Gefässen, bei denen Knochenasche als Innenbeschichtung ihrer Funktion wegen nahe liegend wäre, fehlt sie hingegen<sup>37</sup>.

Wie bereits erwähnt, diente Knochenasche in spätmittelalterlichen Bleiglasuren als Flussmittel. Nun könnte man daraus schliessen, dass in den vorliegenden Gefässen Knochenasche als ein Glasurbestandteil aufbereitet worden ist. Dem ist allerdings entgegen zu halten, dass die hier untersuchten Gefässe nicht aus einer Hafnerei stammen, sondern dass sie Bestandteil privater Haushaltungen waren. In Latrinen oder Kelleraufschüttungen, die oft zusammen getragenes Material aus benachbarten Liegenschaften enthalten, können sich zwar, wie erwähnt, im Fundmaterial durchaus auch Werkstattabfälle befinden, doch liegen in unserem Fall ausser den Kochgefässen mit Knochenasche keine anderen Gefässe oder Gegenstände vor, die nachweislich aus einer Werkstatt stammen.

Die im vorliegenden Fall nachgewiesene Knochenasche liegt in der Regel in einer gleichmässigen, dünnen Schicht auf. Wenn sie für Glasuren aufbereitet worden wäre, würden sich die Rückstände vor allem im Bodenbereich, in den Bodenkanten ansammeln und verdichten. Die Schicht zeigt aber hier eine gleichmässige Dicke, verteilt über die gesamte Oberfläche, was eher darauf hindeutet, dass sie absichtlich in dieser Art aufgetragen worden ist.



In privaten Haushaltungen sind Knochen vermutlich zur Weiterverarbeitung etwa für Leim oder Bindemittel in den Kochtöpfen aufgekocht worden. Ein Teil davon wurde wahrscheinlich anschliessend zermahlen und in der Konsistenz eines Breis gleichmässig auf die Innenwand der Gefässe aufgestrichen.

Die Tatsache, dass die Asche beige und nicht von dunkler, grauer Farbe ist, weist darauf hin, dass es sich um gereinigte Knochen handelte. Die Knochen sind vor dem Kochen von organischen Resten gesäubert worden. Bei einer Kremation fällt die Asche dunkel und grau aus.

Im Mittelalter sind abgenutzte Gegenstände und Abfallprodukte wenn immer möglich recycelt worden. So liegt es nahe, auch Knochen restlos zu verwerten. Die Knochen, welche für die Herstellung der Knochenasche verwendet worden sind, sind Abfallprodukte aus der Tierschlachtereier. Zuerst entfernte man sämtliche Fleischreste von den Knochen, dann wurde den Knochen das Kollagen für die Leimherstellung entzogen und schliesslich wurde auch noch der Rest als Knochenasche verwertet.

Betrachtet man die nicht ganz glatte, kreidige Struktur der Knochenasche ist man an moderne Teflonbeschichtungen erinnert. Bei unglasierter Keramik wäre eine Schutzschicht als Isolation, welche verhindert, dass sich Kochrückstände im Gefäss absetzen, durchaus sinnvoll. Weniger sinnvoll ist sie hingegen in bereits glasierter Keramik. Nun sind die Dreibeintöpfe aus dem 14. und 15. Jahrhundert aus der Region Basel zwar glasiert, aber nicht auf ihrer ganzen Innenseite, sondern nur partiell im Boden- und Randbereich und dort oft nur sehr dünn, während die Wandung unglasiert bleibt. In diesen Fällen scheint eine zusätzliche Abdichtung durchaus angebracht, denn die dünne und nur teilweise aufgetragene Glasur verhinderte ein Anhocken von Kochrückständen keineswegs.

Zusammenfassend seien nochmals jene Eigenschaften genannt, die Knochenasche und ihre Anwendungsbereiche charakterisieren:

- hell, cremefarben, beinahe weiss
- haptisch weich, kreidig
- gegen Säure resistent
- reines, nicht verunreinigtes Knochenmaterial
- in unglasierten Gefässen
- in glasierten Gefässen *über* der Glasur
- gute Haftbarkeit auf unglasierten wie auch auf glasierten Oberflächen
- auf der Innenseite von Gefässen in gleichmässig dicker Schicht aufgetragen
- nur in Kochgefässen (Töpfen, Dreibeintöpfen, Henkeltöpfen, Dreibeinpfannen)
- als Dekor auf der Aussenseite hallstattzeitlicher Keramik
- als Herstellungsmaterial für sog. «Aschekupellen», welche als Schmelzgefässe in der Alchemie dienten (u. a. für das Silbertreiben)<sup>38</sup>
- als Bestandteil bleihaltiger Glasuren

- in jüngerer Zeit als wichtiger Bestandteil von Knochenporzellan (bis 55% Knochenasche)
- eventuell als «Teflonbeschichtung» in mittelalterlichen Kochtöpfen

Auch ohne aufwendige Untersuchungen lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit feststellen, ob es sich bei Ablagerungen in Gefässen tatsächlich um Knochenasche handelt.

Löst sich die Schicht beim Kontakt mit Säure auf, handelt es sich um kalkhaltige Ablagerungen. Liegt sie auf der ganzen Innenseite bis über den Rand gleichmässig auf, könnte es sich beim Gefäss um ein Halbfabrikat handeln, das zwar mit einer Engobe versehen, dann aber nicht mehr glasiert worden ist (vgl. Abb. 2). Befindet sich die Schicht hingegen über einer Glasur, kann die Deutung als Engobe ausgeschlossen werden. Knochenasche fühlt sich stets weich und kreidig an und hat nicht die rauhe Oberfläche wie eine Engobe. Endgültige Gewissheit kann letztlich aber nur die chemische und mineralogische Analyse erbringen.



## Literatur

### Eules 1990

Susanne Eules, «Der hafner gesellen lobliche bruderschaft». Organisation der Hafnerbruderschaft und Erzeugnisse der Hafner des 15. bis 18. Jahrhunderts im Elsass, Sundgau und Breisgau. *Artes Populares* 22 (Freiburg i. Bg. 1990).

### Gmür-Brianza 1990

Noëlle Gmür-Brianza, Chemische Untersuchungen an römischen Gläsern aus Muralto, Vindonissa und Eretria. Dissertation Basel (Reinach 1990).

### Hamer/Hamer 1990

Frank Hamer/Janet Hamer, Lexikon der Keramik und Töpferei. Material, Technik, Geschichte (Augsburg 1990).

### Handschin 1992

Reynald G. Handschin, Kristallchemische Untersuchungen an Apatit der menschlichen *Crista Iliaca*. Dissertation Basel 1992, unpubliziert.

### Handschin/Stern 1994

Reynald G. Handschin/Willem B. Stern, Crystallographic and Chemical Analysis of Human Bone Apatite (*Crista Iliaca*). *Clinical rheumatology* 13, Suppl. N° 1, 1994, 75–90.

### Kamber/Kurzmann 1998

Pia Kamber/Peter Kurzmann, Der Gelbschmied und Alchemist(?) vom Ringelhof. *JbAB* 1998, 151–199.

### Keller 1999

Christine Keller, Gefässkeramik aus Basel. Untersuchungen zur spätmittelalterlichen und frühneuzeitlichen Gefässkeramik aus Basel. Typologie – Technologie – Funktion – Handwerk. Materialhefte zur Archäologie in Basel Bd. 15A/15B (Basel 1999).

### Krischner/Koppelhuber-Bitschnau 1994

Harald Krischner/Brigitte Koppelhuber-Bitschnau, Röntgenstrukturanalyse und Rietvaldmethode. Eine Einführung (Braunschweig 1994).

### Potts 1992

Philip J. Potts, *A Handbook of Silicate Rock Analysis* (Glasgow and London 1992).

### Sauter/Rossmann 1966

Fritz Sauter/Kurt Rossmann, Chemische Untersuchungen von Inkrustationen in hallstattzeitlicher Keramik, *Archaeologia Austriaca* 1966, 135–142.

### Shipman/Foster/Schoeninger 1984

Pat Shipman/Giraud Foster/Margaret Schoeninger, Burnt Bones and Teeth: an Experimental Study of Color, Morphology, Crystal Structure and Shrinkage. *Journal of Archaeological Science* 11, 1984, 307–325.

### Soukup/Mayer 1997

Rudolf Soukup/Helmut Mayer, Alchemistisches Gold – Paracelistische Pharmaka. *Laboratoriumstechnik im 16. Jahrhundert*. In: Helmut Grössing, Karl Kadletz, Marianne Klemun (Hrsg.), *Perspektiven der Wissenschaftsgeschichte 10* (Wien, Köln, Weimar 1997).

### Stern et al. 1998

Willem B. Stern, Andreas Burkhardt, Susanne Schmidt, Jürgen Kraut, Was leistet die chemische Analyse in der Numismatik? In: *Römerstadt Augusta Raurica* (Hrsg.), *Mille Fiori – Festschrift für Ludwig Berger*. *Forschungen in August 25* (August 1998) 235–241.

## Abbildungsnachweise

Abb. 1–18 – Fotos: Thomas Kneubühler

Abb. 19–22 – Mit freundlicher Genehmigung: REM-Labor, Universität Basel



## Anmerkungen

- 1 Keller 1999.
- 2 Über das Phänomen der Knochenasche in Kochgefässen hat die Autorin an der SAM (Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit) 1999 in Porrentruy referiert. Im Anschluss daran haben zahlreiche Kolleginnen und Kollegen bestätigt, dass entsprechende Ablagerungen in Keramik auch in anderen Regionen der Schweiz – und im Ausland – wohlbekannt sind und dass diese ohne chemische Analysen stets als Kalk- oder Kochrückstände interpretiert wurden.
- 3 Keller 1997. Die Publikation der Funde aus der St. Alban-Vorstadt 30/32 ist in Vorbereitung.
- 4 An dieser Stelle möchte ich Prof. Dr. Willem B. Stern und seinen ehemaligen Mitarbeitern Dr. Noëlle Gmür Brianza und Andreas Burkhardt sowie seiner jetzigen Mitarbeiterin Yvonne Gerber meinen herzlichen Dank aussprechen.
- 5 Zur Funktionsweise der Röntgenfluoreszenzspektrometrie siehe Potts 1992, 286 ff.
- 6 Spectrace-5 000/TA Instruments.
- 7 Sellotape® Code 1250.
- 8 Vgl. zu dieser Problematik Stern et al. 1998, 235.
- 9 Handschin/Stern 1994, 75.
- 10 Chemisch handelt es sich dabei immer noch um Calciumphosphat.
- 11 Handschin 1992, 2; Handschin/Stern 1994, 78.
- 12 Shipman/Foster/Schoeninger 1984, 315–319 fig. 7.
- 13 Vgl. dazu Handschin 1992, 20, 24; Handschin/Stern 1994, 77.
- 14 Siemens Diffraktometer 500, Software Version 3.20. Zur Funktionsweise der Röntgendiffraktometrie siehe Krischner/Koppelhuber-Bitschnau 1994.
- 15 ICDD-files 2-786 und 13-404 bzw. ICDD-file 24-214.
- 16 Sauter/Rossmann 1966, 141: darin ist nur die Rede von «Knochenasche».
- 17 Wie zum Beispiel bei der Keramik von Yverdon: dort ist es erwiesenermassen «Apatit». Mündliche Auskunft von Christine Keller.
- 18 Kupelle FN 74/27, Soukup/Meyer 1997, 70: sehr wahrscheinlich von gebranntem Hirschhorn.
- 19 Unpublizierter Festvortrag von Willem B. Stern zum 80. Geburtstag von Prof. Elisabeth Schmid, 11. Juni 1992; Eules 1991, 288, zuvor schon Gmür Brianza 1990, 55 f.; Keller 1999, 145.
- 20 Handschin/Stern 1994, 79.
- 21 Shipman/Foster/Schoeninger 1984, 319 f. fig. 7.
- 22 Shipman/Foster/Schoeninger 1984, 312 f.
- 23 Hinweise darauf finden sich in Soukup/Meyer 1997, 72, 133.
- 24 Der Frage, unter welchen Bedingungen Whitlockit entsteht, wird im Praktikum zur Archäometrie, Sommersemester 2000, im Geochemischen Labor des Mineralogisch-Petrographischen Instituts, Universität Basel, nachgegangen. Erste Zwischenergebnisse der Versuchsreihe von mit Essig behandeltem Rinderknochen (99–100 % Essigsäure) weisen ab einer Temperatureinwirkung von 640 °C neue Röntgenreflexe nach, die als Whitlockit-Reflexe identifiziert werden konnten. Die Endergebnisse sollen an gegebener Stelle publiziert werden.
- 25 Herzlichen Dank an das REM-Labor der Universität Basel, Prof. Dr. Guggenheim und Dr. Noëlle Gmür-Brianza.
- 26 Hamer/Hamer 1990, 186.
- 27 Sauter und Rossmann 1966.
- 28 Herzlichen Dank für den mündlichen Hinweis von Anne-Marie Rychner-Faraggi, Yverdon.
- 29 An dieser Stelle sei der Arbeitsgruppe Archäometrie, Dr. Gerwulf Schneider, Freie Universität Berlin sowie Irmgard Bauer, Leiterin Museum für Ur- und Frühgeschichte in Zug, für ihre Hinweise herzlich gedankt.
- 30 Besten Dank dem Geochemischen Labor der Universität Basel, Prof. Dr. Willem B. Stern und Andreas Burkhardt. Keller 1999, 145.
- 31 Hamer/Hamer 1990, 186.
- 32 Georgius Agricola, De re metallica, deutsche Übersetzung von Philippus Brechius 1557, Getruckt zu Basel: durch Jeronymus Froben und Nicolaus Bischoff 1557 (Faksimile Essen 1985).
- 33 Soukup/Meyer 1997, 69.
- 34 Lazarius Ercker, Beschreibung: Allerfürnemisten Mineralischen Ertzt und Berckwercksarten/ wie dieselbigem/ Vnd eine jede in sonderheit/ jrer natur vnd eigenschafft nach/ auff alle Metaln Probirt/ vnd im kleinen fewer sollen versucht werden ... (Prag 1574).
- 35 Lazarius Ercker 1574, f. X. r. Siehe Soukup/Meyer 1997, 71.
- 36 Ercker 1574, f. X. v. Siehe Soukup/Meyer 1997, 72.
- 37 Kamber/Kurzmann 1998, 151–199. Probe 972c enthält ein weisser Belag, welcher aufgrund der chemischen Zusammensetzung als Knochenasche gedeutet werden kann (Tab. 5 und Tab. 6).
- 38 Kamber/Kurzmann 1998, 151 ff.



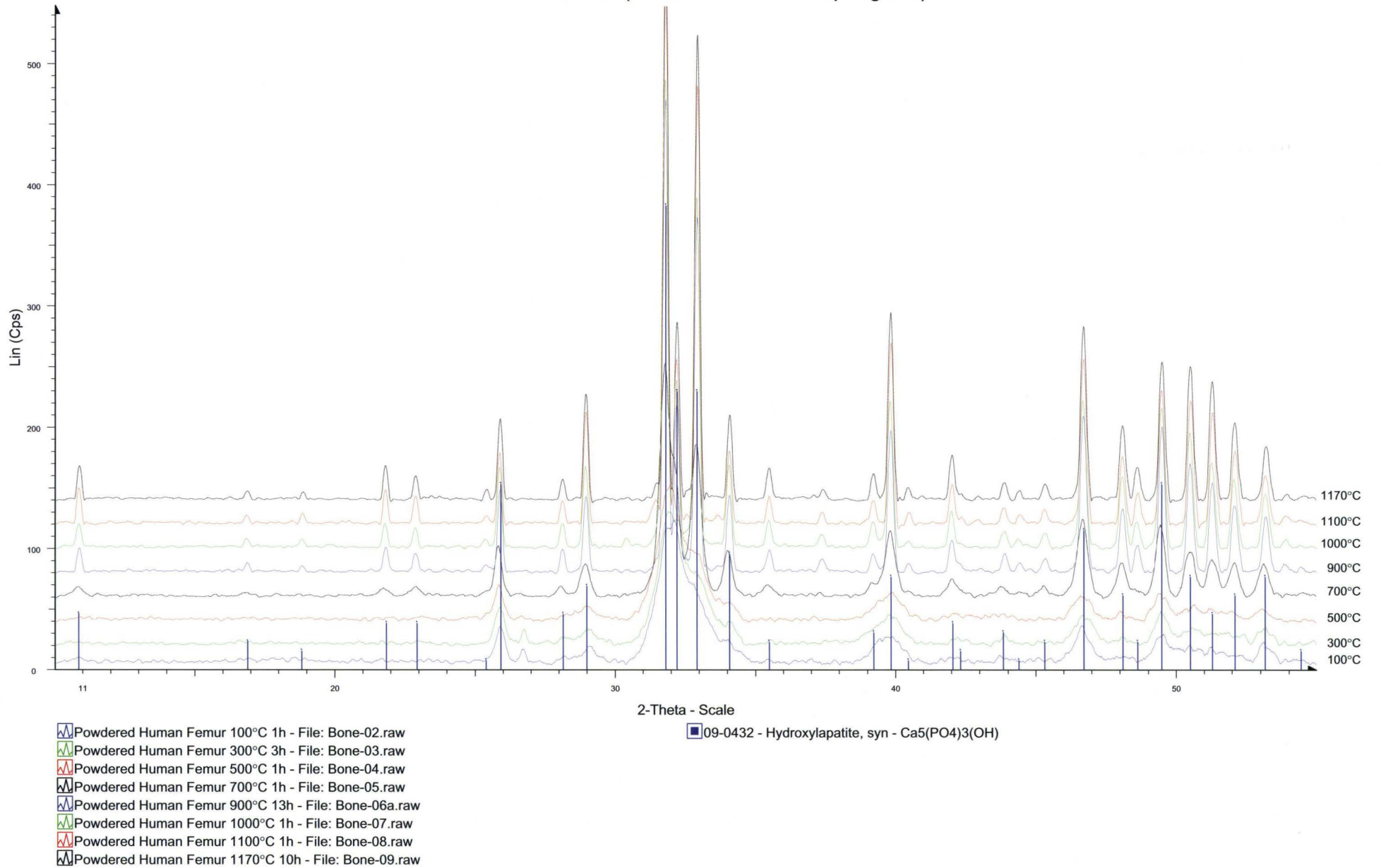
## Anhang

Element Probenbez.	Katalognr.	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	TiO <sub>2</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	SO <sub>3</sub> %	Pb %	Rb %	Sb %	Sn %	Zn %
<b>Analysen 1992</b>																
K1343/5mm	1	8.1	2.2	6.4	4.1	38	0.2	0.7	0.40	39		0.01	0.03		0.00	0.03
K1577/5mm	2	16.3	5.2	5.6	3.0	36	0.4	1.3	0.56	32		0.02	0.04		0.00	0.04
K2421/5mm	4	8.9	3.2	2.9	3.6	49	0.2	0.4	0.31	31		0.01	0.02		0.01	0.04
K2099/5mm	7	7.0	1.9	1.8	3.3	48	0.2	0.3	0.11	29		7.79	0.01		0.00	0.07
K1059/5mm	8	5.9	1.1	0.9	1.9	49	0.2	1.0	0.05	26		14.45	0.01		0.01	0.01
K1834/5mm	9	1.0	0.4	1.8	4.5	53	0.4	0.2		38		0.84	0.02		0.00	0.03
K0052/5mm	10	32.6	0.6	1.6	0.3	55		0.4		7		1.53	0.01		0.01	0.06
<b>Analysen 1999</b>																
KN14-633	12	0.9	0.2	0.4	8.7	51	0.8	0.2	0.06	49	0.3	0.26	0.00	0.10	0.04	0.03
KN14-1174	13	1.7	0.3	0.4	8.5	48	0.1	0.3	0.11	44	0.4	0.23	0.00	0.13	0.04	0.02
KN14-534	14	0.6	0.2	0.5	5.0	55	0.1	0.2	0.14	43	0.4	0.14	0.00	0.06	0.03	0.07
KN14-626	15	0.8	0.2	0.4	8.7	46	0.1	0.2	0.06	46	0.3	0.13	0.00	0.06	0.01	0.02
KN14-612	16	0.3	0.2	0.4	6.6	52	0.1	0.2	0.10	46	1.6	0.08	0.00	0.06	0.02	0.03
KN14-1040/1	17	0.2	0.4	0.4	6.7	41	0.1	0.2	0.12	40	0.4	0.10	0.00	0.01	0.00	0.03
KN14-1040/2	17	0.4	0.1	0.2	4.9	42	0.6	0.2	0.05	35	0.6	0.04	0.00	0.04	0.01	0.04
KN14-1237/1	18	0.9	0.2	0.2	2.1	44	0.6	0.2	0.11	34	0.7	0.17	0.00	0.10	0.06	0.04
KN14-1237/2	18	0.8	0.2	0.2	2.4	54	0.3	0.1	0.08	37	0.7	0.17	0.00	0.12	0.02	0.04
KN14-1190	19	1.8	0.5	0.8	8.5	55	0.1	0.3	0.17	48	0.6	0.37	0.00	0.14	0.05	0.03

**Tabelle 1**



### Menschlicher Knochen (femur corticalis und spongiosa)



Grafik 1



## Weisser Belag aus drei Gefässen (= Whitlockit), Diffraktogramme

