

# Die Wiener Warenkundesammlung Herkunft und Bedeutung Endbericht Teil 4: Ton- und Steinzeugobjekte

---



Christina Wintersteiger, Karin Wriessnig, Franz Ottner  
Wien 2012

Der vorliegende Endbericht „Die Wiener Warenkundesammlung“ ist hervorgegangen aus einem Projekt des Förderprogramms „forMuse – Forschung an Museen“ des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung.

### Impressum:

- Projekttitlel:** Die Wiener Warenkundesammlung – Herkunft und Bedeutung
- Publikationsreihe:** "Wahre Ware" – Themenbände zum Fachgebiet Warenlehre,  
ISSN: 2307-583X  
Forschungsverein für Warenlehre und angewandte  
Naturwissenschaften  
[www.warenlehre.at](http://www.warenlehre.at)
- Forschungsstätte:** Technisches Museum Wien  
Mariahilferstrasse 212, 1140 Wien  
[www.technischesmuseum.at](http://www.technischesmuseum.at)
- Projektwebseite:** <http://members.aon.at/warenkunde/>
- Autoren des Endberichts:** Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Susanne Gruber, Technisches Museum Wien  
Projektidee, Konzept, Einreichung, Projektleitung und wissenschaftliche Bearbeitung des Projekts  
Dr. Hubert Weitensfelder, Technisches Museum Wien  
wissenschaftliche Bearbeitung des Projekts, Schnittstelle zum Museum  
Ass. Prof. Dr. Michael Götzinger, Kooperationspartner  
Institut für Mineralogie und Kristallographie, Universität Wien  
a.o. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn, Kooperationspartner  
Core Facility Botanischer Garten, Universität Wien  
a.o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Franz Ottner, Kooperationspartner  
DI<sup>in</sup> Karin Wriessnig, Laborantin  
Institut für Angewandte Geologie, Universität für Bodenkultur  
a.o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Andreas Rohatsch, Kooperationspartner  
Institut für Geotechnik, Technische Universität Wien  
Mag.<sup>a</sup> Irina Dangl, Diplomandin  
Universität Wien  
BSc Christina Wintersteiger, Diplomandin  
Universität für Bodenkultur
- Bildrechte** Sofern bei den Bildern nicht anders angegeben:  
Dr.<sup>in</sup> Susanne Gruber, Technisches Museum Wien

Der Forschungsbericht besteht aus folgenden Bänden:

*Die Wiener Warenkundesammlung – Herkunft und Bedeutung. Endbericht. Wien 2012:*

- GRUBER, Susanne, GÖTZINGER, Michael, KIEHN, Michael, OTTNER, Franz, ROHATSCH, Andreas, WEITENSFELDER, Hubert, DANGL, Irina, WINTERSTEIGER, Christina, WRIESSNIG, Karin: Endbericht Teil 1: Geschichte der Objekte.
- GÖTZINGER, Michael, GRUBER, Susanne: Endbericht Teil 2: Mineralische Rohstoffe.
- DANGL, Irina, KIEHN, Michael, GRUBER, Susanne: Endbericht Teil 3: Holz, Holzprodukte – Didaktische Umsetzung.
- WINTERSTEIGER, Christina, WRIESSNIG, Karin, OTTNER, Franz: Endbericht Teil 4: Ton- und Steinzeugobjekte.
- ROHATSCH, Andreas, GRUBER, Susanne: Endbericht Teil 5: Gesteinsplatten.
- WEITENSFELDER, Hubert: Endbericht Teil 6: Surrogate – Glasdias.



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	V
1. Ton- und Steinzeugproben .....	1
Christina Wintersteiger, Karin Wriessnig, Franz Ottner .....	1
2. Probenmaterial .....	1
3. Methoden .....	2
3.1. Korngrößenanalyse der Proben .....	2
3.2. Mineralogische Untersuchungen .....	3
3.2.1. Gesamtmineralbestand der Rohstoff- und Materialproben .....	3
3.2.2. Gesamtmineralbestand der Objekte .....	3
3.2.3. Tonmineralbestand .....	4
3.3. Simultane Thermoanalyse (STA) .....	5
4. Ergebnisse und Interpretation .....	6
4.1. Rohstoffe und (Halb-) fertigprodukte .....	6
4.1.1. Korngrößenzusammensetzung .....	6
4.1.2. Gesamtmineralbestand von Rohstoffen, Steinzeugmassen, Schamotte und Scherben (Pulver) .....	7
4.1.3. Zusammensetzung der Tonfraktion < 2µm .....	8
4.1.4. Simultane Thermoanalyse .....	11
4.1.4.1. Gesamtprobe .....	11
4.1.4.2. Tonfraktion < 2µm .....	12
4.2. Objekte .....	14
4.2.1. Keramikmassen-Handstücke .....	14

---

4.2.2. Pfeifenköpfe, Tonpfeifen und Fayence-Objekte .....	16
4.2.3. Segerkegel .....	19
5. Datenblätter .....	21
1. Datenblatt Rohstoff - Ton inländisch .....	21
2. Datenblatt Objekt: Tonpfeife „L.M.F.“ .....	25
6. Literaturverzeichnis .....	27
7. Abbildungsverzeichnis .....	28
8. Tabellenverzeichnis .....	29

# 1. Ton- und Steinzeugproben

Christina Wintersteiger, Karin Wriessnig, Franz Ottner

*BSc Christina Wintersteiger, DI<sup>in</sup> Karin Wriessnig, a.o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Franz Ottner, Institut für Angewandte Geologie, Universität für Bodenkultur Wien*

Das Institut für Angewandte Geologie der Universität für Bodenkultur wurde im Rahmen des des vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung geförderten Forschungsprogrammes „ForMuse – Forschung an Museen“ als Projektpartner beauftragt, die ausgewiesenen Tonrohstoffe und Keramikprodukte aus der Warenkundesammlung des Technischen Museums Wien nach dem heutigen Stand der Analysetechnik zu untersuchen.

Die Warenkundesammlung enthält eine Reihe von Objekten, die aus Ton bestehen oder unterschiedliche Tonminerale als Bestandteil enthalten. Einerseits sind verschiedene Rohstoffe vorhanden, andererseits sind Fertigprodukte aus Ton in der Sammlung enthalten. Die Durchsicht der Objekte ergab bei einigen Handstücken sehr zweifelhafte Angaben zur mineralogischen Zusammensetzung, bei vielen Objekten fehlen sogar sämtliche diesbezügliche Informationen.

Im Zuge einer gründlichen materialspezifischen Untersuchung wurde mithilfe modernster Methoden nach dem Stand der Analysetechnik die mineralogische Zusammensetzung genau bestimmt. Damit lassen sich auch Hinweise auf die Materialeigenschaften ableiten, die Herkunft eruieren und auch Hinweise zur Rohstoffgewinnung und Verarbeitung erlangen.

Die Untersuchungsmethoden wurden individuell je nach Objekt ausgewählt und sorgfältig durchgeführt. Im vorliegenden Untersuchungsbericht werden die ausgewählten Methoden, und die Ergebnisse der Analysen genau beschrieben und dokumentiert.

Der vorliegende Untersuchungsbericht ist eine erste Dokumentation und Interpretation der Messergebnisse. Eine umfangreichere Bearbeitung der Ergebnisse vor allem im Zusammenhang mit den historischen Hintergründen der wirtschaftlichen und politischen Situation zur Zeit der Weltausstellung 1873 ist im Rahmen der Masterarbeit von Frau Christina Wintersteiger, BSc, in Vorbereitung. Nach Abschluss dieser Masterarbeit wird diese an das Bundesministerium für Unterricht und Kunst sowie an das Technische Museum Wien weitergeleitet.

## 2. Probenmaterial

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Rohstoffproben und Objekte

Lfd. Nr.	IAG Lab.Nr.	Art der Probe	TMW.-Nr.
1	12131	Probe Ton inländisch	78641
2	12132	Probe Ton ausländisch	78642
3	12133	Probe Steinzeugscherben	78643
4	12134	Probe fertig gemischte Steinzeugmasse	78644
5	12135	Probe Steinzeug, trockene Ware	78645
6	12136	Probe Steinzeug, glasierte Ware	78646
7	12137	Probe Steinzeugmasse f. feines Steinzeug	78647
8	12138	Probe Steinzeug Schamotte	78648
9	12139	Objekt Pfeifenkopf	78699/1
10	12140	Objekt Pfeifenkopf	78699/2
11	12141	Objekt Pfeifenkopf	78700/1
12	12142	Objekt Pfeifenkopf	78700/2
13	12143	Objekt Kapselmasse	78704/1
14	12144	Objekt Kapselmasse f. Flachware	78705/1
15	12145	Objekt Kapselmasse f. Hohlware	78706/1
16	12146	Objekt Porzellanmasse abgepresst	78707/1
17	12147	Objekt Porzellanmasse	78714/1
18	12148	Objekt Porzellanglasur	78715/1
19	12149	Objekt orient. Fayence - Schälchen	78692/4
20	12150	Objekt orient. Fayence - Bruchstück	78692/5
21	12151	Objekt Pfeifenkopf	78720/1
22	12152	Objekt Pfeifenkopf	78720/2
23	12153	Objekt Tonpfeife	86216/1
24	12154	Objekt Tonpfeife	86216/2
25	12155	Objekt Tonpfeife	86216/3
26	12156	Objekt Kaolin, geschlämmt und gebrannt	86222/1
27	12157	Objekt Kaolin, geschlämmt und gebrannt	86222/2
28	12158	Objekt Kaolin, geschlämmt und gebrannt	86222/3
29	12159	Probe Kaolin subtit plv.	86228
30	12160	Objekt Porzellan, verglöh, glasiert	86244/1
		* Glas mit 12 Segerkegeln	86232
31	12161	Objekt Segerkegel (1)	*
32	12162	Objekt Segerkegel (01)	*
33	12163	Objekt Segerkegel (01a)	*
34	12164	Objekt Segerkegel (5a)	*
35	12165	Objekt Segerkegel (6a)	*
36	12166	Objekt Segerkegel (07)	*
37	12167	Objekt Segerkegel (8)	*
38	12168	Objekt Segerkegel (9)	*
39	12169	Objekt Segerkegel (10)	*
40	12170	Objekt Segerkegel (013a)	*
41	12171	Objekt Segerkegel (14)	*
42	12172	Objekt Segerkegel (019)	*

# 3. Methoden

An den in Pulverform erhaltenen Proben wurden neben dem Gesamtmineralbestand die Zusammensetzung der Tonfraktion und die Korngrößenverteilung bestimmt, bei den restlichen Objekten (Keramikmischungen, Tonpfeifen und Segerkegel) wurde der Gesamtmineralbestand mittels einer zerstörungsfreien Methode ermittelt.

## 3.1. Korngrößenanalyse der Proben

Die Korngrößenanalyse erfolgte durch eine Kombination aus Nasssiebung (Fraktionen  $> 20 \mu\text{m}$ ) und Sedimentationsanalyse mittels Micromeritics SediGraph 5000 ET (Fraktionen  $\leq 20 \mu\text{m}$ ).

20 g der bei  $60^\circ\text{C}$  getrockneten Probe wurden zur Dispergierung und Zerstörung der organischen Substanz über mehrere Tage mit insgesamt ca. 200 ml 10%igem Wasserstoffperoxid versetzt. Nach Beendigung der Reaktion wurde überschüssiges Wasserstoffperoxid durch Auskochen im Wasserbad bei  $95^\circ\text{C}$  entfernt. Nach Ultraschallbehandlung wurde die Probe gesiebt. Die Siebrückstände ( $> 2000\mu\text{m}$ ,  $> 630\mu\text{m}$ ,  $> 200\mu\text{m}$ ,  $> 63 \mu\text{m}$  und  $> 20 \mu\text{m}$ ) wurden getrocknet und gewogen.

Vom Siebdurchgang  $< 20 \mu\text{m}$  wurde eine Teilprobe für die Sedimentationsanalyse eingedickt, mit 0,05 % Natriumpolyphosphatlösung versetzt und nach Ultraschallbehandlung im Sedigraphen gemessen. Aus den Ergebnissen der Siebanalyse und der Sedimentationsanalyse wurde die Korngrößenverteilung ermittelt.

## 3.2. Mineralogische Untersuchungen

### 3.2.1. Gesamtmineralbestand der Rohstoff- und Materialproben

Mittels Röntgendiffraktometrie (X-ray diffraction – XRD) können Mineralphasen qualitativ und auch semiquantitativ erfasst werden.

Die untersuchten Proben wurden folgendermaßen aufbereitet:

Die einzelnen Proben wurden getrocknet, in einer Scheibenschwingmühle analysenfein vermahlen und nach dem „backloading“-Verfahren präpariert. Die Messung erfolgte in einem Panalytical XPert Pro MPD Diffraktometer mit automatischem Divergenzschlitz, Cu LFF Röhre 45 kV, 40 mA, und einem X'Celerator Detektor. Die Messzeit war 25s, mit einer Schrittweite von 0,017° von 2° bis 70° 2 $\theta$ . Aus diesen Aufnahmen wurde der qualitative Mineralbestand ermittelt. Die XRD Daten wurden zur Sicherheit mit der Simultanen Thermalanalyse (STA) ergänzt.

### 3.2.2. Gesamtmineralbestand der Objekte

Die Mineralbestimmung an den Ausstellungsobjekten wie Tonpfeifen, Keramikschälchen und diversen (Halb-)Fertigprodukten erfolgte ebenfalls mittels Röntgendiffraktometrie.

Es konnte aber nicht die oben beschriebene Pulvermethode angewendet werden, sondern musste durch eine zerstörungsfreie Methode ersetzt werden. Dazu wurde eine spezielle Probenbühne (PANalytical MPSS) verwendet. Auf dieser wurde die zu untersuchende Probe mittels Knetmasse montiert, einjustiert und nach einem Übersichts- und Detailfoto geröntgt, um 60 – 90° gedreht und nochmals gemessen. Dieser Vorgang wurde je nach Bedarf mehrere Male wiederholt. Das Messfenster (die bestrahlte Fläche des Objektes wurde je nach Oberflächenmorphologie zwischen 5mm x 5mm und 20mm x 20mm gewählt. Die Daten der einzelnen Messungen wurden danach zu einem einzigen Messfile kombiniert und ausgewertet.

### 3.2.3. Tonmineralbestand

Die Probenaufbereitung erfolgte nach den bei Whittig (1965) und Tributh (1991) beschriebenen Methoden. Zur Dispergierung der Proben und Zerstörung der organischen Substanz wurde 10%iges Wasserstoffperoxid verwendet. Die Tonfraktion ( $\leq 2 \mu\text{m}$ ) wurde durch Abzentrifugieren (5 Minuten bei 1000 rpm) aus der kleiner 20  $\mu\text{m}$  gesiebten Probe gewonnen.

Der Sorptionskomplex der Tonfraktion wurde durch Schütteln mit 4 N  $\text{MgCl}_2$ - bzw. 4 N KCl-Lösung mit Magnesium bzw. Kalium belegt. Jeweils 20 mg Ton wurden auf poröse Keramikplättchen aufgebracht (Kinter & Diamond, 1956).

Diese Texturpräparate wurden über Nacht in einem Exsiccator über gesättigter  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Lösung getrocknet und anschließend geröntgt. Danach wurden alle Plättchen zur Bestimmung quellfähiger Tonminerale (Smektit, Vermikulit) in eine mit Ethylenglykol gesättigte Atmosphäre gegeben. Die kaliumbelegten Plättchen wurden nach dieser Messung zur Identifizierung von gut kristallisiertem Kaolinit zusätzlich mit Dimethylsulfoxid behandelt. Danach wurden die Plättchen zum Nachweis von primärem Chlorit bei  $300^\circ\text{C}$  und  $550^\circ\text{C}$  für jeweils 2 Stunden getempert. Nach jeder Behandlung wurden die Proben geröntgt. (K- und Mg-Plättchen von  $2^\circ$  bis  $40^\circ 2\Theta$ , mit Ethylenglykol behandelte Plättchen von  $2^\circ$  bis  $32^\circ 2\Theta$ , mit Dimethylsulfoxid behandelte von  $2^\circ$  bis  $26^\circ 2\Theta$  und getemperte von  $2^\circ$  bis  $14^\circ 2\Theta$ ).

Die Messung der Tonmineralpräparate erfolgte mit demselben PANalytical Röntgendiffraktometer wie bei der Gesamtmineralanalyse beschrieben.

Die Identifizierung der Tonminerale erfolgte nach Thorez (1975), Brindley & Brown (1980), Moore & Reynolds (1997) und Wilson (1987). Für die semiquantitative Auswertung wurden die Flächen charakteristischer Peaks und empirische Korrekturfaktoren verwendet (Riedmüller, 1978).

Der Rest der unbehandelten Tonfraktion wurde gefriergetrocknet. Aus der homogenisierten Probe wurde analog zur Gesamtmineralbestimmung ein Pulverpräparat angefertigt und geröntgt.

### 3.3. Simultane Thermoanalyse (STA)

Thermische Analyseverfahren geben zusätzliche Informationen über den Mineralbestand einer Probe. Es wurden sowohl die vermahlene Pulverproben als auch die gefriergetrocknete Tonfraktion untersucht.

Die Proben werden mit einer konstanten Aufheizrate erhitzt und simultan die Gewichtsveränderung (Thermogravimetrie TG) und der Wärmefluss (Differenzialkalorimetrie DSC) gemessen. Es können beträchtliche Masseverluste auftreten, die spezifisch für verschiedene Tonminerale sind (Mackenzie, 1964, Smykatz-Kloss, W., 1974). Während der Aufheizung kommt es sowohl zu endothermen als auch zu exothermen Reaktionen. Endotherme Reaktionen können bei der Abgabe von z. B. Wasser oder CO<sub>2</sub>, sowie auch bei Dehydroxilierung des Kaolinitis auftreten. Exotherme Effekte treten bei verschiedenen Umkristallisationen auf (Wilson, M.J., 1987).

Die STA Analysen wurden mit einem Netzsch Gerät - STA 409 PC Luxx® durchgeführt. Für die Analyse wurden 50 mg der Probe in einen Pt-Tiegel eingewogen und in einer kontrollierten Atmosphäre mit 50ml/min Luft und 15 ml/min N<sub>2</sub> bis 1000°C erhitzt. Die Aufheizrate betrug 10°C/min.

# 4. Ergebnisse und Interpretation

## 4.1. Rohstoffe und (Halb-) fertigerprodukte

### 4.1.1. Korngrößenzusammensetzung

Die Korngrößenzusammensetzung der drei Rohstoffe zeigt große Unterschiede. Den höchsten Tonanteil hat „Ton ausländisch“ (12132) mit 84,8 %, den geringsten „Ton inländisch“ (12131) mit 65,6 %. Der Schluffgehalt beider Proben liegt bei rund 14 %. Der Sandanteil ist in der quarzreichen Probe 12131 mit 20,6 % am höchsten.

In der Probe „Kaolinit subtit.“ (12159) überwiegt Ton mit 74,9 %, die Schlufffraktion (24,9 %) besteht größtenteils aus Feinschluff (6,3 – 2µm). Es ist nicht bekannt, ob es sich um einen Lagerstättenton oder bereits aufbereitetes, möglicherweise fein geschlämmtes oder gemahlene Material handelt.

Die Korngrößenverteilungen der einzelnen Proben sind detailliert in den Datenblättern graphisch dargestellt.

**Tabelle 2: Korngrößenzusammensetzung der Proben, alle Werte in Masse %**

Lab. Nr.	Bezeichnung	Kies 6,3-2 mm [%]	Sand 2000-63 µm [%]	Schluff 63-2 µm[%]	Ton < 2µm [%]
12131	Ton inländisch	0,0	20,6	13,8	65,6
12132	Ton ausländisch	0,0	1,3	13,9	84,8
12134	Steinzeug gemischt	0,0	29,0	25,5	45,5
12135	Steinzeug trocken	2,6	30,8	21,6	45,1
12136	Steinzeug glasiert	2,1	30,1	20,8	46,9
12137	Steinzeug fein	0,0	1,4	30,5	68,1
12138	Schamotte	0,0	64,2	31,0	4,7
12159	Kaolin subtit. plv	0,0	0,1	24,9	74,9

Die Korngrößenverteilung der drei Steinzeugmassen 12134, 12135 und 12136 ist sehr ähnlich. Der Tonanteil liegt jeweils bei rund 45 %, der Sandanteil bei rund 30 %. Die Proben 12135 und 12136 enthalten zusätzlich geringe Mengen an Feinkies.

Die „Steinzeugmasse für feines Steinzeug“ (12137) ist wesentlich feiner. Der Tongehalt beträgt 68,1 %, der Schluffanteil 30,5 %. Der Sandanteil ist mit 1,4 % sehr gering.

Die Schamotte-Probe (12138) besteht aus 64,2 % Sand, 31 % Schluff und nur 4,7 % Ton.

## 4.1.2. Gesamtmineralbestand von Rohstoffen, Steinzeugmassen, Schamotte und Scherben (Pulver)

**Tabelle 3: Gesamtmineralbestand der Pulverproben**

IAG Lab.Nr.	Bezeichnung	Smekt Vermik	Musk.	Kao.	Schisi.	Qu.	Kfsp.	Plag.	Mullit	Crist.	Cord.
12131	Ton inländisch	•		**	*	**	**				
12132	Ton ausländ.		•	***	**	*					
12133	Steinzeugscherb.					**			**	**	•
12134	Steinz. gemischt		*	**	*	*	*	*	*		
12135	Steinz. trocken		*	**	*	*	•		*		
12136	Steinz. glasiert		*	**	*	**	*	•	*		
12137	Steinzeug fein	•	*	***	**	*					
12138	Schamotte					**			**	***	•
12159	Kaolin subtit.		*	***	**	*					

Mengenangaben:

- \*\*\*: **viel**, Mineral ist Hauptbestandteil
- \*\* : **mittel**, Mineral ist Haupt-/Nebenbestandteil
- \* : **wenig**, Mineral ist Nebenbestandteil
- : Mineral **in Spuren** vorhanden
- Leeres Feld: Mineral konnte nicht nachgewiesen werden

Der Hauptbestandteil der drei Rohstoffe (Ton inländisch, Ton ausländisch, sowie Kaolin subtit. plv.) ist Kaolinit. Ton inländisch enthält auch große Mengen von Quarz und Kalifeldspat sowie Spuren von Smektit. Im Ton ausländisch kommen Quarz als Nebenbestandteil und Spuren von Muskowit vor.

Vier Proben sind Mischungen zur Herstellung von Steinzeug, "fertig gemischte Steinzeugmasse (12134), "Steinzeug trockene Ware" (12135), "Steinzeug glasierte Ware" (12136) und "Steinzeugmasse für feines Steinzeug (12137). Hauptbestandteil aller Mischungen ist Kaolinit.

Die Proben 12134, 12135 und 12136 enthalten neben Quarz auch geringe Mengen beziehungsweise Spuren von Feldspäten (Kalifeldspat und Plagioklas) sowie geringe Mengen von Muskowit. In diesen drei Mischungen ist Mullit ( $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ ) in geringen Mengen nachweisbar. Dieses Mineral entsteht sekundär aus Kaolinit und Feldspat bei Brenntemperaturen über  $1000^\circ$  und stammt aus gemahlenem Schamotte, das als Magerungszusatz beigemischt wurde.

In der Masse für feines Steinzeug (12137) ist der Kaolinitanteil höher, Quarz und Muskowit sind nur in geringen Mengen zu finden und Feldspäte sowie Mullit fehlen.

Der Steinzeugscherben (12133) und Schamotte (12138) bestehen aus Quarz, Mullit und Cristobalit. Spuren von Cordierit weisen ebenso wie Cristobalit und Mullit auf höhere Brenntemperaturen hin.

Schamotte wird üblicherweise der Rohmischung für eine bessere Stabilität und Feuerfestigkeit beigemischt.

### 4.1.3. Zusammensetzung der Tonfraktion < $2\mu\text{m}$

Die Zusammensetzung der Tonfraktion der drei Rohstoffproben ist sehr ähnlich. Hauptbestandteil aller Proben ist Kaolinit, die Anteile von gut kristallisiertem Kaolinit und schlecht kristallisiertem Kaolinit ("Fireclay") sind unterschiedlich.

„Kaolin subtit. plv.“(12159) ist reiner, zu 91 % gut kristallisierter Kaolinit, andere Tonminerale sind röntgendiffraktometrisch nicht nachweisbar. Der Kaolinit von “Ton inländisch” (12131) ist zu 84 % schlecht kristallisiert. Smektit und Illit sind in Spuren vorhanden. Im “Ton ausländisch” (12132) ist der Kaolinit zu 91 % schlecht kristallisiert, die Tonfraktion enthält auch Spuren von Illit und Smektit.

**Tabelle 4: Mineralbestand der Tonfraktion der Pulverproben (semiquantitativ)**

IAG Lab. Nr.	Bezeichnung	Kaolinit [Masse- %]		Illit [Masse- %]	Smekt.	Vermik Chlorit
		gut kristallisiert	schlecht kristallisiert			
12131	Ton inländisch	16	84	•	•	
12132	Ton ausländisch	9	91	•	•	
12134	Steinzeugm. gemischt	20	75	5		
12135	Steinzeugm. trocken	23	73	4		
12136	Steinzeugmasse glasiert	16	81	3		
12137	Steinzeugmasse fein	38	62	•		
12138	Schamotte	0	0			
12159	Kaolin subtit. Plv.	91	9			

Mengenangaben:

- : Mineral **in Spuren** vorhanden
- Leeres Feld: Mineral konnte nicht nachgewiesen werden

In den Steinzeugmassen 12134 bis 12136 überwiegt Kaolinit, der zu 73-81 % schlecht kristallisiert ist. Illit kommt als Nebenbestandteil vor. Mullit ist in der Tonfraktion dieser Proben im Gegensatz zur Gesamtprobe nicht nachweisbar. Der Kaolinit der “Steinzeugmasse für feines Steinzeug” (12137) ist zu 62 % gut kristallisiert, Illit ist in Spuren vorhanden.

Die Tonfraktion der Schamotte (12138) enthält keine Tonminerale, sie ist ähnlich zusammengesetzt wie die Gesamtprobe und besteht aus Cristobalit und Mullit.

Hinweis: Röntgendiffraktogramme, STA, Korngrößen der Probe 12131 sind auf den Datenblättern im Anhang dargestellt.



## 4.1.4. Simultane Thermoanalyse

### 4.1.4.1. Gesamtprobe

Tabelle 5: Ergebnisse der Thermoanalyse - Massenverluste, Restmasse und Temperatur der Kaolinitdehydroxylierung der Pulverproben

IAG Lab.Nr.	Bezeichnung	Masseverlust [%]			Kaolinit Dehydrox. Temp. [°C]	Gesamtverl. [%]	Kaolinit [%]
		20 - 220°C	220 - 750°C	750 - 1000°C			
12131	Ton inländisch	1,33	4,68	0,17	504	6,1	34
12132	Ton ausländisch	1,92	10,72	0,42	527	13,0	78
12133	Steinzeugscherb.	0,15	0,27	0,06		0,4	0
12134	Steinz. gemischt	1,27	5,69	0,38	505	7,3	42
12135	Steinz. trocken	1,3	5,46	0,26	505	7,0	40
12136	Steinz. glasiert	1,12	5,37	0,19	507	6,7	39
12137	Steinzeug fein	1,75	11,69	0,41	534	13,8	85
12138	Schamotte	0,24	0,66	0,12		1,0	0
12159	Kaolin subtit.	1,15	12,13	0,24	540	13,5	89

Die Ergebnisse der Simultanen Thermoanalyse bestätigen sehr gut die Ergebnisse der Mineralbestimmung mittels XRD Analyse und ergänzen diese durch die Möglichkeit, die Menge an Kaolinit in der Gesamtprobe abzuschätzen.

Die Masseverluste von 20 – 220°C geben Hinweise auf das Vorhandensein von Oberflächenfeuchtigkeit und insbesondere auf Zwischenschichtwasser aus Tonmineralen. Je höher der Wert ist, umso höher ist der Anteil an quellbaren Tonmineralen. Die gemessenen Werte sind aber als sehr niedrig zu bezeichnen, nur Werte deutlich über 1,0 % weisen auf das Vorhandensein von Smektit hin. Der Gewichtsverlust zwischen 220 und 750°C ist in erster Linie durch den Gewichtsverlust der Kaolinitdehydroxylierung verursacht und ermöglicht daher eine gute Abschätzung des Anteils an Kaolinit in der Probe.

Zwei Proben sind erwartungsgemäß kaolinitfrei, in den restlichen Materialien gibt es eine Bandbreite von 34 bis 89 %. Aus höheren Masseverlusten zwischen 750 und 1000°C kann sehr gut der Karbonatanteil abgeschätzt werden. Der sehr geringe Masseverlust in den untersuchten Proben bestätigt aber eindeutig die Ergebnisse der Röntgenanalysen, die keine Karbonatminerale zeigen.

Die Dehydroxilierungstemperatur des Kaolinites liegt im Bereich von 504 bis 540°C und steigt mit der Menge an nachgewiesenen Kaolinit signifikant an.

Die Werte der Restmasse sind mit dem Glühverlust bei 1000°C gleichzusetzen. Je höher der Kaolinitanteil in der Probe ist, umso höher ist auch der Gesamtmasseverlust.

#### 4.1.4.2. Tonfraktion < 2µm

**Tabelle 6: Ergebnisse der Thermoanalyse der Tonfraktion**

IAG Lab.Nr.	Bezeichnung	Masseverlust [%]			Kaolinit Dehydrox. Temp. [°C]	Gesamtverl. [%]	Kaolinit [%]
		20 - 220°C	220 - 750°C	750 - 1000°C			
12131	Ton inländisch	1,82	11,11	0,25	523	13,2	81
12132	Ton ausländisch	1,50	10,98	0,37	526	12,8	80
12134	Steinz. gemischt	1,83	10,24	0,34	521	12,4	75
12135	Steinz. trocken	1,77	10,64	0,34	520	12,7	78
12136	Steinz. glasiert	1,39	10,6	0,35	525	12,3	90
12137	Steinzeug fein	1,26	11,9	0,21	537	13,3	97
12138	Schamotte	1,60	4,57	0,16	-	6,3	0
12159	Kaolin subtit.	1,00	12,25	0,23	549	13,5	99

Die Interpretation der STA Ergebnisse der Tonfraktion < 2µm ist ident zur Gesamtprobe.

Die Masseverluste sind fast ausschliesslich höher als in der Gesamtfraktion, was ja durch die Tatsache der Tonmineralanreicherung in der Tonfraktion  $< 2\mu\text{m}$  zu erwarten ist.

Insbesondere die Masseverluste im Bereich von 220 bis 750°C zeigen diesen Effekt sehr stark. Der daraus berechnete Anteil an Kaolinit ist in Tabelle 6 deutlich sichtbar. Die reine Kaolinprobe weist einen Wert von 99 % Kaolinit auf.

Ebenfalls höher sind die Kaolinit-Dehydroxilierungstemperaturen, die durch die zum Teil viel höheren Mengenanteile erklärbar sind.

## 4.2. Objekte

Als Objekte werden Keramikmassen und gebranntes Porzellan, Pfeifenköpfe und Tonpfeifen, ein Fayence-Schälchen und ein Fayence-Bruchstück sowie Segerkegel bezeichnet, deren Mineralbestand zerstörungsfrei ermittelt wurde.

### 4.2.1. Keramikmassen-Handstücke

Untersucht wurden zwei verschiedene Porzellanmassen (12146 und 12147), drei Kapselmassen (12143, 12144 und 12145), eine Porzellan glasur (12148) und drei Stücke „Kaolin, geschlämmt und gebrannt“ (12157, 12158 und 12159) sowie ein Stück „Porzellan verglüht und glasiert“ (12160). Der Mineralbestand wurde zerstörungsfrei mittels Röntgendiffraktometrie bestimmt.

**Tabelle 7: Gesamtmineralbestand der Handstücke**

IAG Lab.Nr.	Bezeichnung	Sme./Ve.	Musk.	Kao.	Schisi.	Qu.	Crist.	Mullit	Kfsp.	Plag.	Kalzit
12143	Kapselmasse		•	**	**	*	–	–	*	*	?
12144	Kapselmasse f. Flachware	•	•	**	**	*	?	?			
12145	Kapselmasse f. Hohlware		*	**	**	*			•		
12146	Porzellanmasse, abgepresst		•	**	**	*			**	*	
12147	Porzellanmasse		•	**	**	**			*	**	
12148	Porzellan glasur			•		*		•	•	•	*
12156	Kaolin geschl. gebrannt						***	**			
12157	Kaolin geschl. gebrannt						***	**			
12158	Kaolin geschl. gebrannt					*	***	**			
12160	Porzellan, verglüht, glasiert		•		•	*			**	*	

Mengenangaben:

- \*\*\*: **viel**, Mineral ist Hauptbestandteil
- \*\* : **mittel**, Mineral ist Haupt-/Nebenbestandteil
- \* : **wenig**, Mineral ist Nebenbestandteil
- : Mineral **in Spuren** vorhanden
- Leeres Feld: Mineral konnte nicht nachgewiesen werden

Kapselmassen werden verwendet, um die Glasur beim Brennen vor Temperaturschwankungen oder zu großer Hitze zu schützen und bestehen oft aus Abfällen der Porzellanproduktion.

Hauptbestandteil aller untersuchten Kapselmassen (12143, 12144 und 12145) ist Kaolinit. Quarz und geringe Mengen oder Spuren von Muskowit kommen in allen Proben vor. Kalifeldspat und Plagioklas sind in Kapselmasse 12143 nachweisbar. Die Kapselmasse für Flachware (12144) enthält Spuren von Mullit, hier wurde schon gebranntes Material beigemischt.

Hauptbestandteil der Porzellanmassen (12146 und 12147) ist Kaolinit, Nebenbestandteile sind Quarz und Feldspäte. In Probe 12146 ist der relative Anteil von Kalifeldspat höher, in Probe 12147 der Plagioklasanteil. Beide Proben enthalten Spuren von Muskowit. Die Porzellanmasse (12148) besteht zum Großteil aus Kalzit und Quarz. Muskowit, Kalifeldspat, Plagioklas und Mullit sind in Spuren nachweisbar.

Drei Handstücke sind aus „Kaolin, geschlämmt und gebrannt“ (12156, 12157 und 12158). Die Zusammensetzung der Proben 12156 und 12157, beide aus Zettlitz, ist identisch, es sind nur Cristobalit und Mullit enthalten. In Probe 12158 sind zusätzliche Mengen an Quarz nachweisbar. In der Probe Porzellan, verglüt und glasiert ist der Hauptbestandteil Kalifeldspat, Quarz und Plagioklas, weiters sind in geringen Mengen, Muskowit ist in Spuren enthalten.

## 4.2.2. Pfeifenköpfe, Tonpfeifen und Fayence-Objekte

Untersucht wurden zwei „Pfeifen aus Englischem Ton“ (12139 und 12140), zwei „Pfeifen aus schwarzem Ton“, sogenannte Schemnitzer Pfeifen (12141 und 12142), drei weiße Tonpfeifen (12153, 12154 und 12155) sowie je ein weißer (12151) und ein roter Pfeifenkopf (12152), ein orientalisches Fayence-Schälchen (12149) und ein Bruchstück eines Fayence-Deckels (12150).

**Tabelle 8: Gesamtmineralbestand der Pfeifen und Schälchen**

IAG Lab. Nr.	Bezeichnung	Qu.	Mullit	Kao.	Musk.	Kfsp.	Häm.	Plag.	Pyrox.	Kalzit	Dol.
12139	engl. „Salon“	**	*	?	?						
12140	engl. „COL“	**	*	?	?						
12141	schwarz „S.Seiler“	**			*					*	*
12142	schwarz, gebr.	***			•	*		*			
12149	Fayence-Schälchen	*			*				*		
12150	Fayence-Bruchstück	•			*				**		
12151	Pfeifenkopf weiß	***			*	*					
12152	Pfeifenkopf rot	***					*				
12153	weiß, „L.M.F.“	***			*	*					
12154	weiß, „Fiolet“	***			*	*					
12155	weiß, „H“	***			•	*					

Mengenangaben:

- \*\*\*: **viel**, Mineral ist Hauptbestandteil
- \*\* : **mittel**, Mineral ist Haupt-/Nebenbestandteil
- \* : **wenig**, Mineral ist Nebenbestandteil
- : Mineral **in Spuren** vorhanden
- Leeres Feld: Mineral konnte nicht nachgewiesen werden

Die englischen Pfeifen mit der Aufschrift „SALON“ (12139) bzw. „COL“ (12140) bestehen hauptsächlich aus Quarz. Mullit ist in beiden Pfeifen nachweisbar, was auf höhere Brenntemperaturen hinweist. Muskowit ist in Spuren nachweisbar. Kaolinit wird bei 500-550°C zerstört, Spuren von Kaolinit im Diffraktogramm deuten darauf hin, dass

die Pfeifen nach dem Brennen vermutlich mit einer Tonsuspension geschlämmt wurden.

Hauptbestandteil der Schemnitzer Pfeifen ist Quarz. In der Pfeife mit der Aufschrift „S. Seiler“ (12141) sind geringe Mengen von Muskowit, Kalzit und Dolomit enthalten. Die gebrochene Pfeife mit demselben Firmenlogo und der Aufschrift „K.K. ÖST. UNG. PRIVILEGIUM“ besteht überwiegend aus Quarz, daneben sind geringe Mengen von Kalifeldspat und Plagioklas sowie Spuren von Muskowit enthalten. Mullit ist in beiden Pfeifen nicht nachweisbar.

Beide Objekte stammen wahrscheinlich aus der 1813 gegründeten Pfeifenfabrik Partsch in Theresienfeld bei Wiener Neustadt. Diese wurde 1921 vom Wiener Handelsbetrieb Siegmund Seiler übernommen und produzierte bis 1935.

Der weiße Pfeifenkopf (12151) enthält neben Quarz geringe Mengen von Kalifeldspat und Muskowit.

Im roten Pfeifenkopf (12152) ist ebenfalls Quarz der Hauptbestandteil, Nebenbestandteil ist Hematit.

Die drei weißen Tonpfeifen (12153, 12154, 12155) sind in der Zusammensetzung sehr ähnlich. Hauptbestandteil ist Quarz, Kalifeldspat und Muskowit sind in geringen Mengen vorhanden.

Von zwei dieser Objekte ist der Hersteller bekannt. Pfeife 12153 mit der Aufschrift „L.M.F. St. Malo“ stammt aus der Fabrik Laisne, Martin & Fontan in St. Malo, die von 1858-1872 Tonpfeifen mit diesem Firmenlogo herstellte. Als Rohmaterial diente der Mergel vom Strand von Sillon, der ab 1872 nicht mehr abgebaut werden durfte. Abbildungen und das Röntgendiffraktogramm dieser Pfeife sind im Anhang dargestellt,

Die Tonpfeife mit der Aufschrift „Fiolet“ stammt aus einer Fabrik im französischen St. Omer. Diese wurde 1804 von Louis Fiolet gegründet und hob sich durch die hervorragende Qualität der Tonpfeifen von allen anderen in Europa produzierten Pfeifen ab.

Bestandteile des Fayence-Schälchens (12149) sind Quarz, Muskowit, Kalzit und Pyroxene, Plagioklas ist in Spuren nachweisbar.

Im Fayence-Bruchstück (12150) überwiegen Pyroxene, Muskowit ist in geringen Mengen und Quarz in Spuren vorhanden.

## 4.2.3. Segerkegel

Die Segerkegel dienten zur besseren Temperaturkontrolle bei Keramikbränden. Diese für die damalige Zeit revolutionäre Methode wurde 1886 vom Chemiker Seger entwickelt. Daraus läßt sich ableiten, dass die Segerkegel erst nach der Weltausstellung 1873 in die Sammlung gelangen konnten.

Für den Temperaturbereich von etwa 600 bis 2000°C stehen insgesamt 60 Kegel zur Verfügung, die aus einer Mischung verschiedener Keramikrohstoffe mit Alkali- und Erdalkalioxiden bestehen.

Die Kegelfallpunkttemperaturen von Segerkegeln sind in der DIN 51063 geregelt (zit. nach Salmang & Scholze, 1983).

In der Regel werden bei einem Brand drei Kegel mitgebrannt. Ein Kegel weist eine Kegelfallpunkttemperatur etwas unter der gewünschten Brenntemperatur auf, der zweite Kegel reagiert genau bei der gewünschten Temperatur und der dritte Kegel fällt etwa 10-20° über der geplanten Brenntemperatur. Aus der Beobachtung der drei Kegel konnte der Brennmeister sehr genau die richtige Temperatur erreichen und die Verweilzeit steuern.

Heute ist diese Methode durch moderne technische Temperaturmessmethoden weitestgehend abgelöst.

**Tabelle 9: Gesamtmineralbestand der Segerkegel**

IAG Lab. Nr.	Bezeichnung	Qu.	Mullit	Kao.	Musk.	Kfsp.	Häm.	Plag.	Schisi.	Kalzit	Dol.
12161	Seger 1	**				**	•	*		**	
12162	Seger 01	**				**	•	*		*	
12163	Seger 01a	**		*		*				*	
12164	Seger 5a	**		*	•	*		*		*	
12165	Seger 6a	**		*	•	**		*		*	
12166	Seger 07	**		•		*	•	*		**	
12167	Seger 8	**		*	•			•		*	

12168	Seger 9	•		•				*			
12169	Seger 10	**		*	•	•		•		*	
12170	Seger 013a	**		**	•						
12171	Seger 14	**		**		*		•		*	
12172	Seger 019	*		*						*	

Mengenangaben:

- \*\*\*: **viel**, Mineral ist Hauptbestandteil
- \*\* : **mittel**, Mineral ist Haupt-/Nebenbestandteil
- \* : **wenig**, Mineral ist Nebenbestandteil
- : Mineral **in Spuren** vorhanden
- Leeres Feld: Mineral konnte nicht nachgewiesen werden

Die Interpretation der Analysenergebnisse ist bei den Segerkegeln etwas schwieriger als bei den Objekten davor.

Einige der Kegel sind ungebrauchte Objekte und weisen die Originalzusammensetzung auf, einige der Kegel dürften aber schon in Verwendung gewesen sein und waren höheren Temperaturen ausgesetzt.

Generell ist zu erkennen, dass als Grundprodukte Quarz für SiO<sub>2</sub> und Kaolinit für Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> verwendet wurden. Für K<sub>2</sub>O wurde Kalifeldspat oder Glimmer, für Na<sub>2</sub>O Plagioklas (Albit), für CaO Kalzit und für MgO Dolomit oder Magnesit beigemischt.

Eine Verfeinerung der Messergebnisse wird im Rahmen der laufenden Diplomarbeit durchgeführt.

# 5. Datenblätter

## 1. Datenblatt Rohstoff - Ton inländisch

Museums-Nr. 78641

IAG-Nr. 12131

### Gesamtmineralbestand:

Hauptbestandteile: Kaolinit, Quarz, Kalifeldspat

Nebenbestandteile: -

Spuren: Smektit

### Tonmineralbestand:

Kaolinit: 65% schlecht kristallisiert, 35% gut kristallisiert

Spuren: Smektit

### Thermoanalyse:

Gesamtmasseverlust in %: -6,15

Masseverlust 25-200°C / 200-750°C / 750-1000°C in %: -1,33 / -4,68 / -0,17

Dehydroxylierungstemperatur des Kaolinit: 504°C

### Korngrößenverteilung in %:

Sand 20,6 – Schluff 13,8 – Ton 65,6

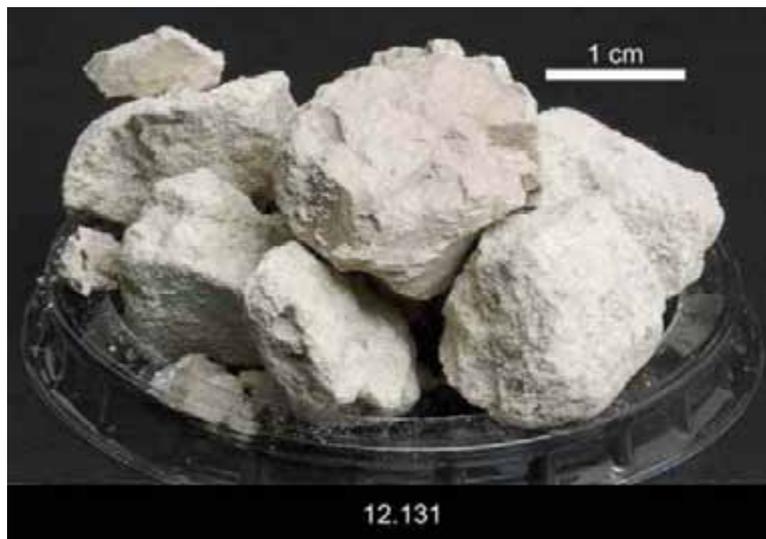


Abbildung 1: Ton inländisch (Probe 12131)

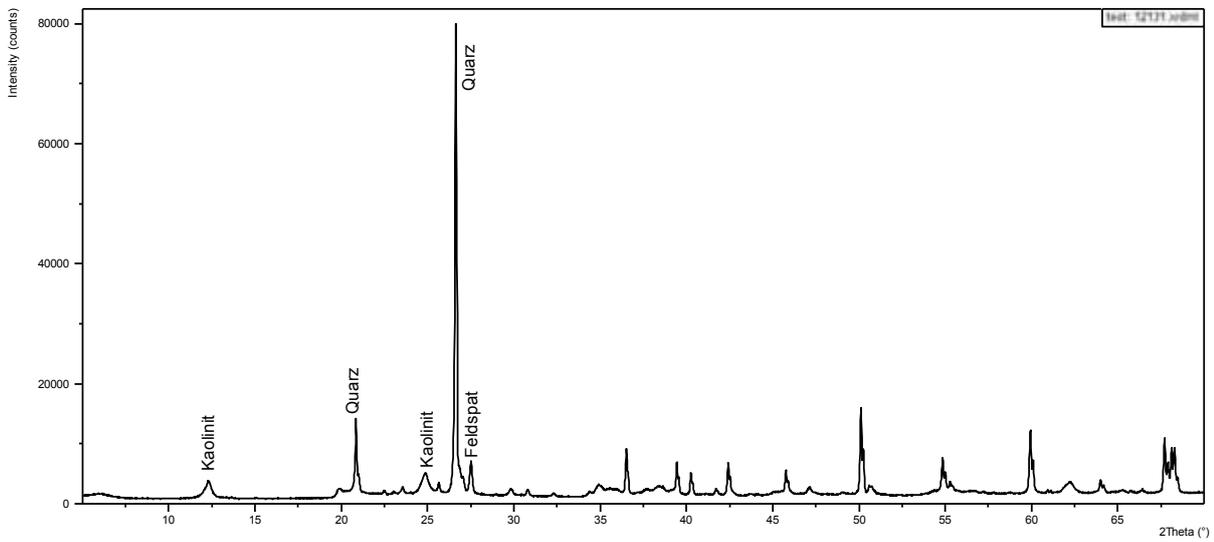


Abbildung 2: Gesamtmineralbestand Ton inländisch (Probe 12131), Röntgendiffraktogramm

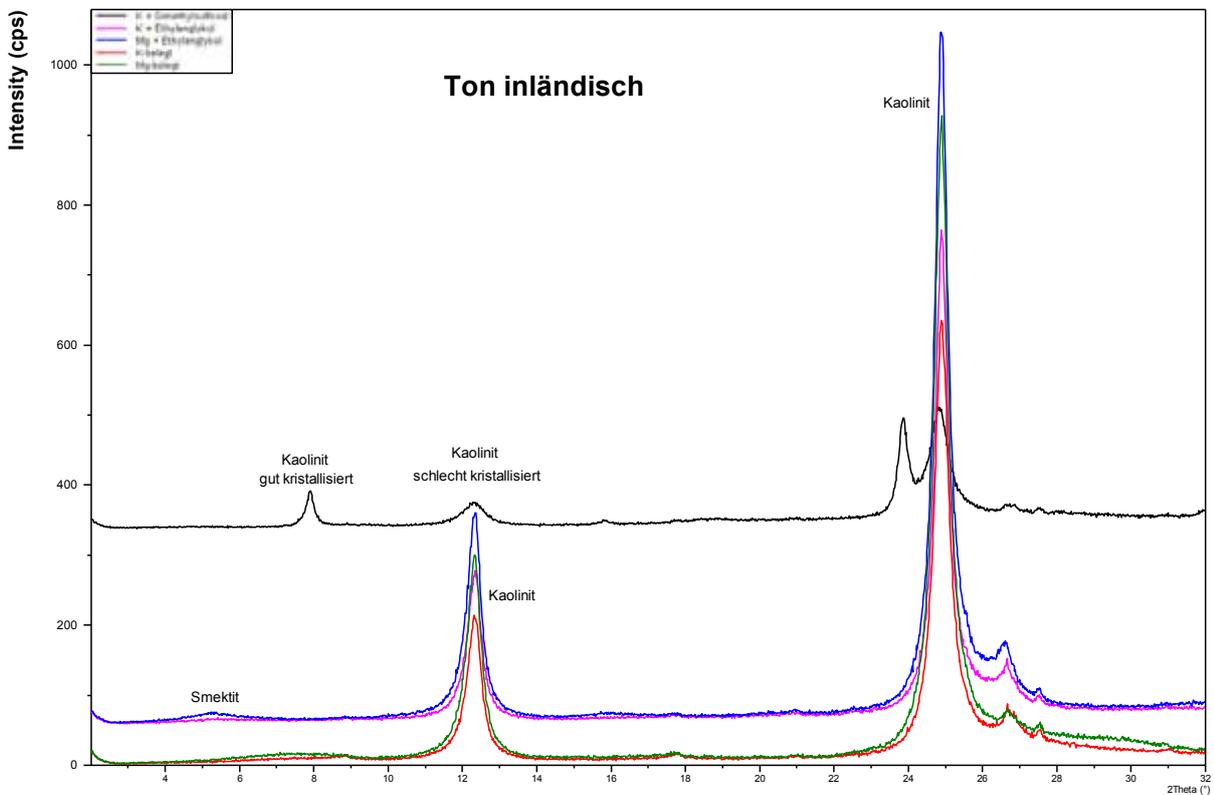


Abbildung 3: Tonmineralbestand Ton inländisch (Probe 12131), Röntgendiffraktogramme

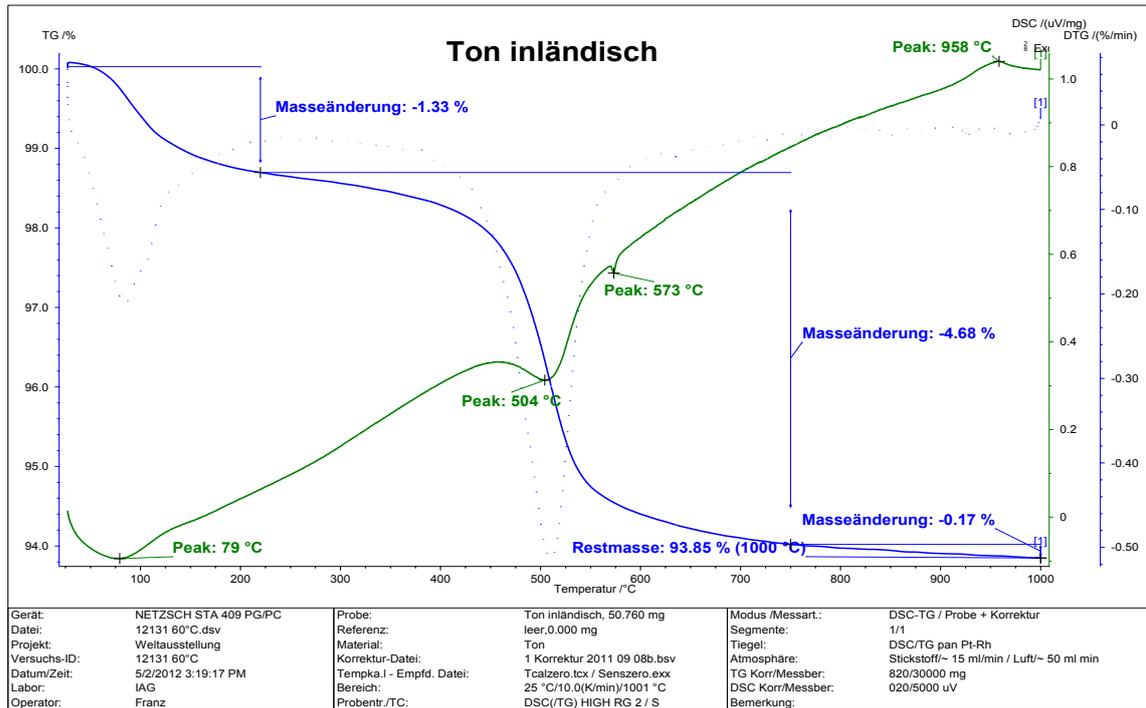


Abbildung 4: STA-Diagramm Ton inländisch (Probe 12131)

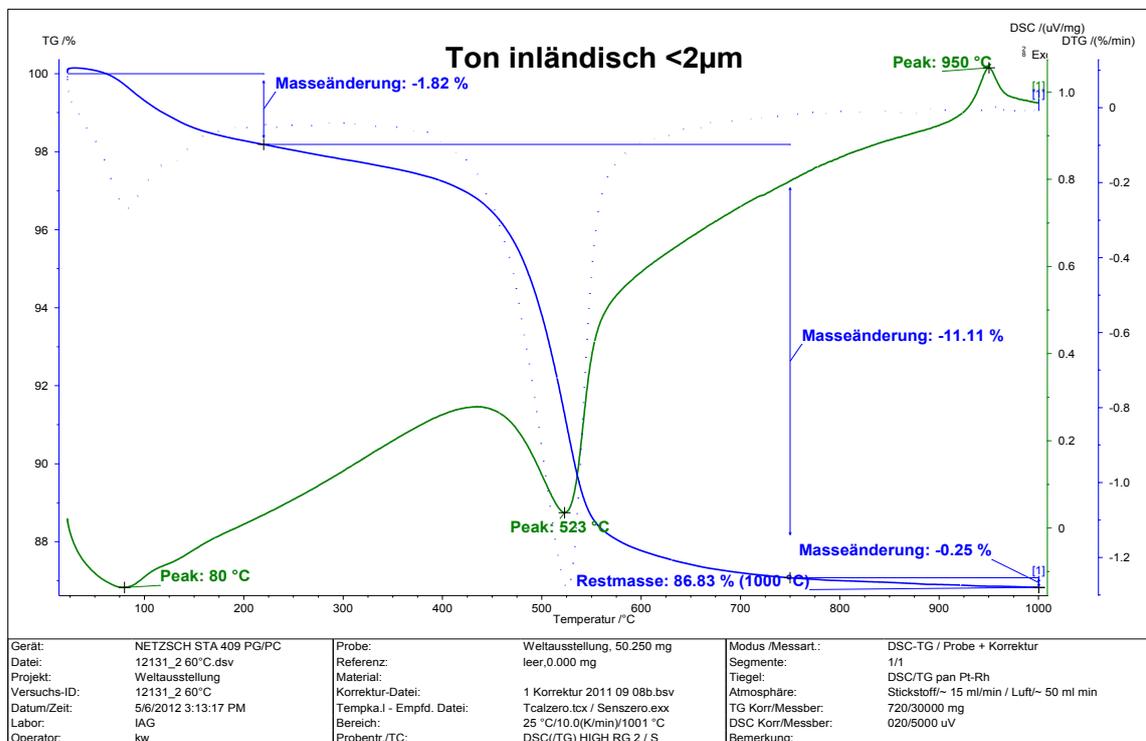


Abbildung 5: STA-Diagramm Ton inländisch, Fraktion < 2µm (Probe 12131)

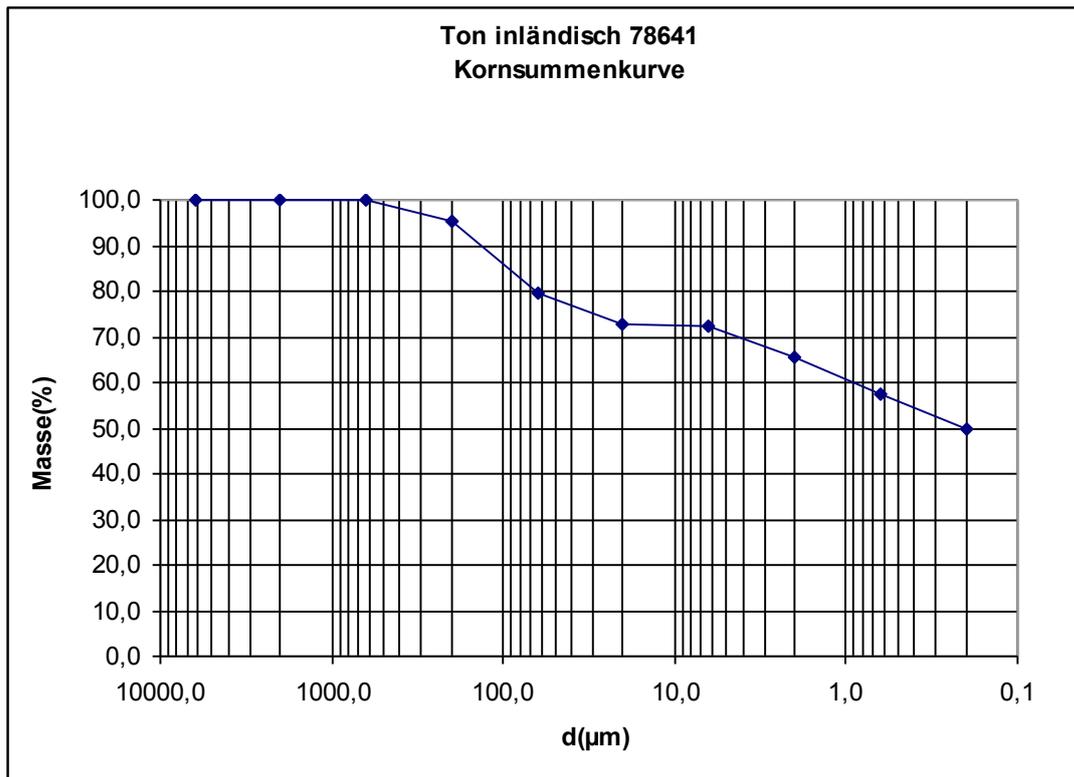


Abbildung 6: Kornsummenkurve Ton inländisch (Probe 12131)

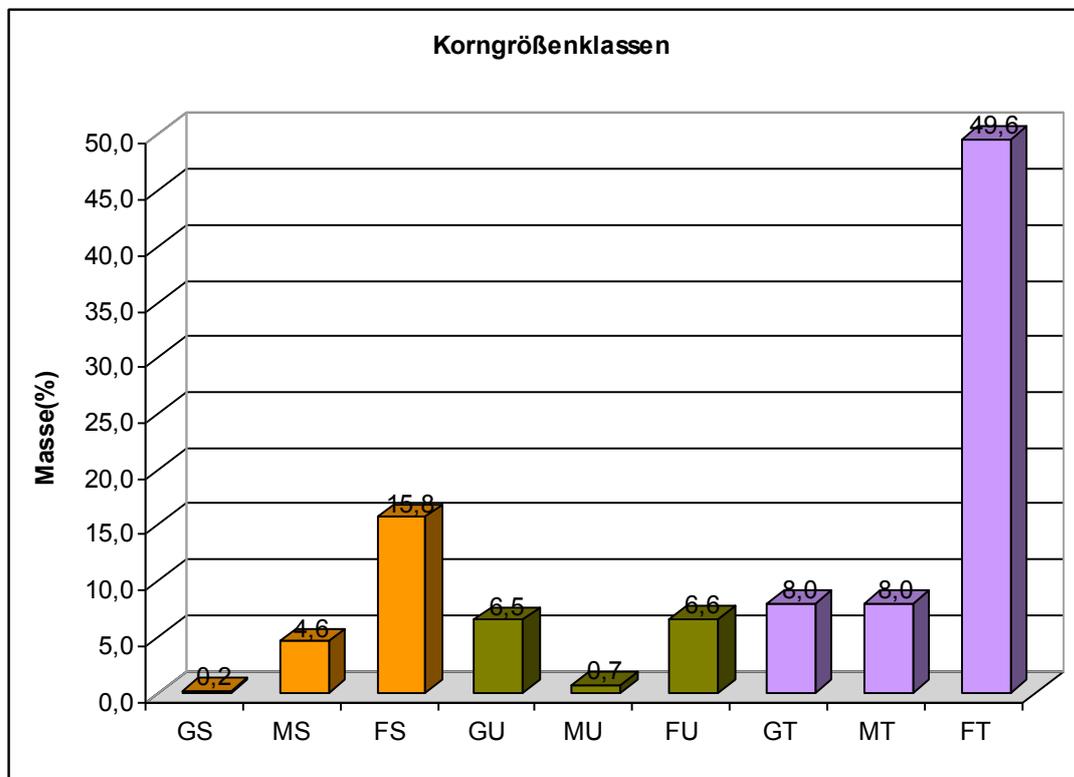


Abbildung 7: Korngrößenklassen Ton inländisch (Probe 12131)

## 2. Datenblatt Objekt: Tonpfeife „L.M.F.“

Museums-Nr. 86216/1

IAG-Nr. 12153

**Gesamtmineralbestand:**

Hauptbestandteile: Quarz

Nebenbestandteile: Kalifeldspat, Muskowit



Abbildung 8: Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153) Pfeifenstiel mit Firmenlogo



Abbildung 9: Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153)

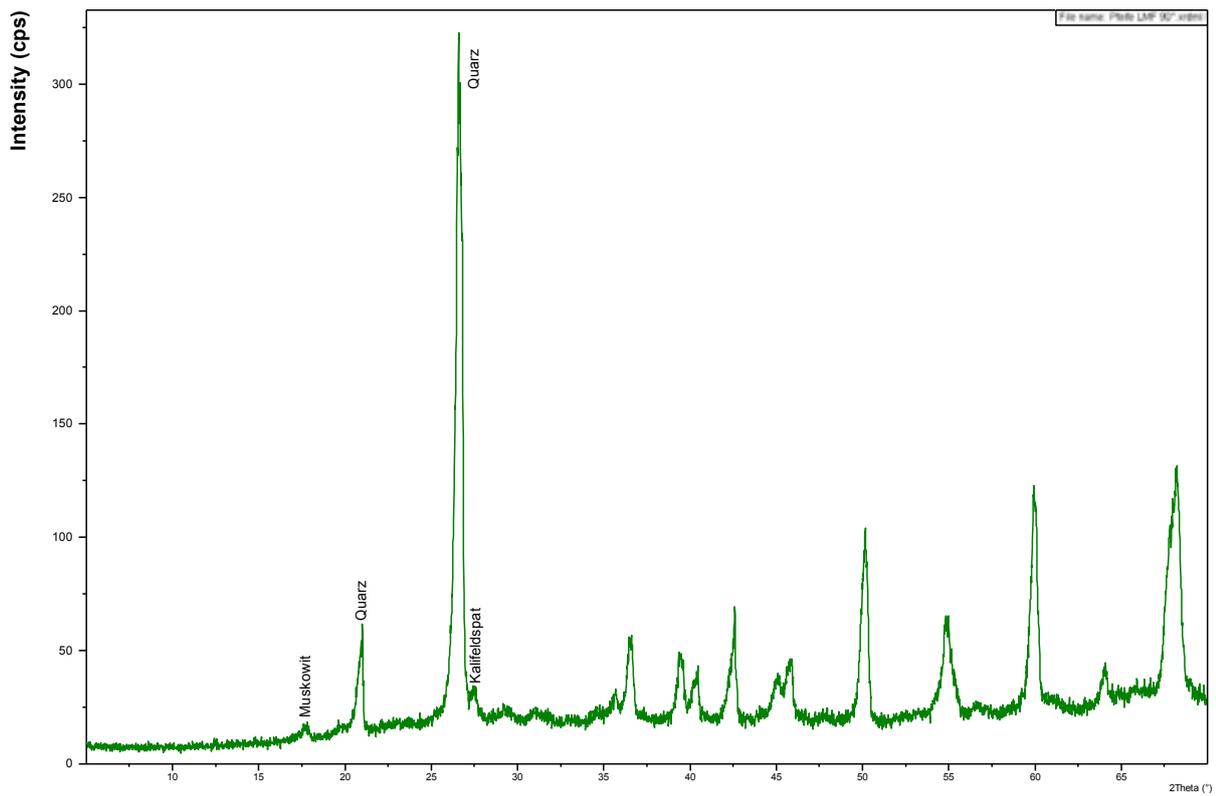


Abbildung 10: Röntgendiffraktogramm Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153)

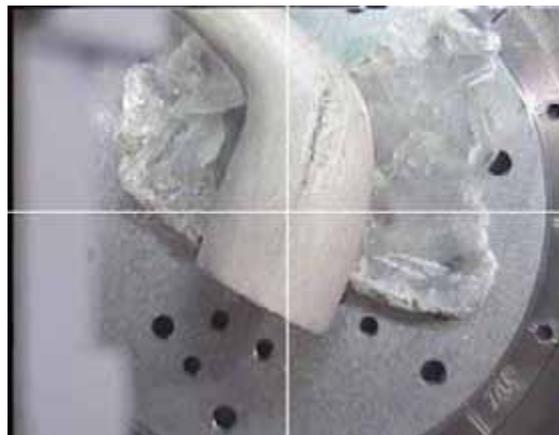


Abbildung 11: Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153) im Diffraktometer

## 6. Literaturverzeichnis

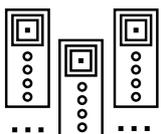
- BRINDLEY, G. W. & BROWN, G., 1980: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification. - Mineralogical Society, 495 S., London.
- DIN 51063: Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe; Segerkegel (SK). (Sept. 1972)
- KINTER, E. B. & DIAMOND, S., 1956: A new method for preparation and treatment of oriented - aggregate specimens of soil clays for X-Ray diffraction analysis. Soil Sci. 81, 111-120, Baltimore.
- MACKENZIE, R. C., 1964. The thermal investigation of soil clays. In: Rich, C. I. & Kunze, G. W. (eds.). Soil clay mineralogy – A symposium. The University of North Carolina Press, Raleigh, North Carolina, 200 – 244.
- MOORE, D. M. & REYNOLDS, R. C., Jr., 1997: X – Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. - Oxford Univ. Press, 378 p, New York.
- RIEDMÜLLER, G., 1978: Neoformations and Transformations of Clay Minerals in Tectonic Shear Zones. - TMPM Tschermaks Min. Petr. Mitt. 25, 219-242
- SALMANG, H. & SCHOLZE, H., 1983: Keramik Teil 2: Keramische Werkstoffe. Springer Verlag, 276S, Berlin, Heidelberg, New York.
- SMYKATZ-KLOSS, W., 1974: Differential Thermal Analysis, Application and Results in Mineralogy, Springer Verlag, 185S, Berlin, Heidelberg, New York.
- THOREZ, J., 1975: Phyllosilicates and clay minerals - a laboratory handbook for their X-ray diffraction analysis. - Editions G. Lelotte, 579 S., Liege.
- TRIBUTH, H., 1991: Notwendigkeit und Vorteil der Aufbereitung von Boden- und Lagerstättentonen. - In: Tributh, H. & Lagaly, G. [Hrsg.] : Identifizierung und Charakterisierung von Tonmineralen, Berichte der DTTG, 1, 29-33, Giessen.
- WHITTIG, L.D., 1965: X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition. In: Black, C.A. [editor]: Methods of Soil Analysis, 671-698. 1. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.
- WILSON, M.J., 1987: A handbook of determinative methods in clay mineralogy. – Verlag Blackie, 308 S, Glasgow and London.
- WINTERSTEIGER, Ch., 2012: Tonrohstoffe und Keramikprodukte – Prüfbericht. Institut f. Angewandte Geologie, Universität für Bodenkultur, Wien.

# 7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ton inländisch (Probe 12131).....	21
Abbildung 2: Gesamtmineralbestand Ton inländisch (Probe 12131), Röntgendiffraktogramm .....	22
Abbildung 3: Tonmineralbestand Ton inländisch (Probe 12131), Röntgendiffraktogramme.....	22
Abbildung 4: STA-Diagramm Ton inländisch (Probe 12131).....	23
Abbildung 5: STA-Diagramm Ton inländisch, Fraktion < 2µm (Probe 12131).....	23
Abbildung 6: Kornsummenkurve Ton inländisch (Probe 12131) .....	24
Abbildung 7: Korngrößenklassen Ton inländisch (Probe 12131) .....	24
Abbildung 8: Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153) Pfeifenstiel mit Firmenlogo .....	25
Abbildung 9: Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153) .....	25
Abbildung 10: Röntgendiffraktogramm Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153).....	26
Abbildung 11: Tonpfeife L.M.F. (Objekt 12153) im Diffraktometer.....	26

# 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Rohstoffproben und Objekte .....	1
Tabelle 2: Korngrößenzusammensetzung der Proben, alle Werte in Masse % .....	6
Tabelle 3: Gesamtmineralbestand der Pulverproben .....	7
Tabelle 4: Mineralbestand der Tonfraktion der Pulverproben (semiquantitativ) .....	9
Tabelle 5: Ergebnisse der Thermoanalyse - Massenverluste, Restmasse und Temperatur der Kaolinitdehydroxylierung der Pulverproben .....	11
Tabelle 6: Ergebnisse der Thermoanalyse der Tonfraktion .....	12
Tabelle 7: Gesamtmineralbestand der Handstücke .....	14
Tabelle 8: Gesamtmineralbestand der Pfeifen und Schälchen .....	16
Tabelle 9: Gesamtmineralbestand der Segerkegel .....	19



Reihe: „Wahre Ware“ – Themenbände zum Fachgebiet Warenlehre

ISSN: 2307-583X

Forschungsverein für Warenlehre und angewandte Naturwissenschaften