

Bruch von Hüftkugeln aus Keramik II

Der Bruch der Kugel erfolgte im Jahre 1987 beim normalem Gehen; weitere klinische Einzelheiten wurden nicht mitgeteilt. Die Tragezeit konnte aber nicht mehr als 5 Jahre betragen haben (Einführung der Keramikugeln 1982).

Material: Aluminiumoxid, Durchmesser der Kugel: 32 mm bei einer Höhe von 27 mm,
Schaftmaterial: Kobalt-Chromlegierung, gegossen („Prothecast“).

Es wurden vier Bruchstücke angeliefert (Teile 1...4). In Bild 1 wurden sie so angeordnet, wie es der ursprünglichen Form entspricht. Man blickt auf die jeweilige Innenseite. Die Kanten sind noch gut erhalten.

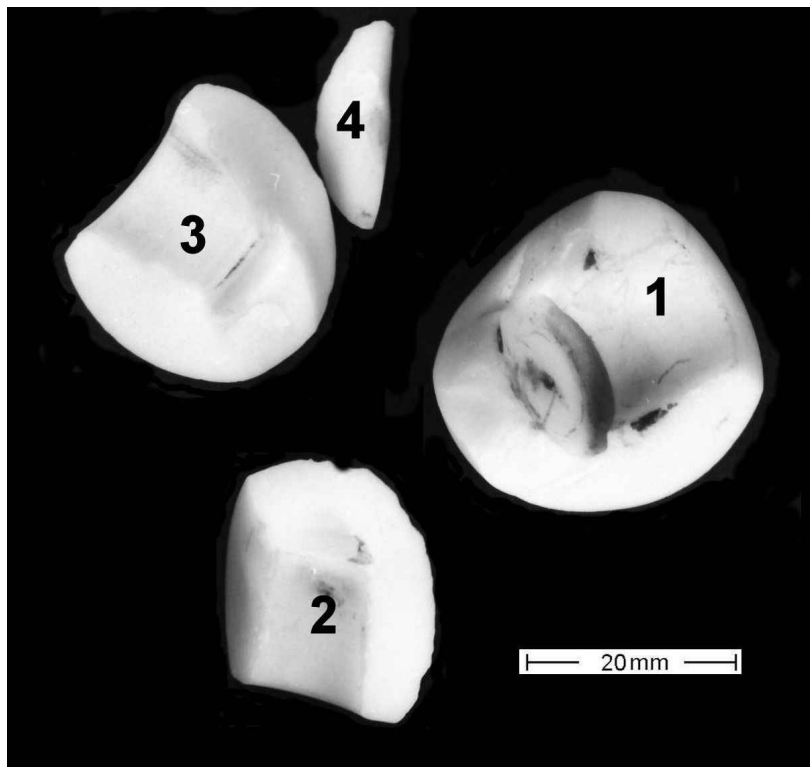


Bild 1:
Innenansicht der
vier Bruchstücke

Erfahrungsgemäß erfolgt der Primärbruch in der Konuswand (Sitzfläche), und zwar senkrecht zum Umfang, d.h., die Umfangsspannung ist maßgebend (Zugspannung). Beim Einlauf in die Kuppel bzw. die Umfangsnut wird der Bruch abgelenkt. Es bilden sich dort neue Risse, die in den Umfangsbereich zurücklaufen. Im Wesentlichen liegt dann Biegung an.

Das Teil 1 wurde heraus vergrößert. Im ungefähren Riss-Startbereich wurde Material vom Schafthals angeschmiert. Der Bruch umläuft die Kuppel, indem er neue Risse bildet (Bild 2).

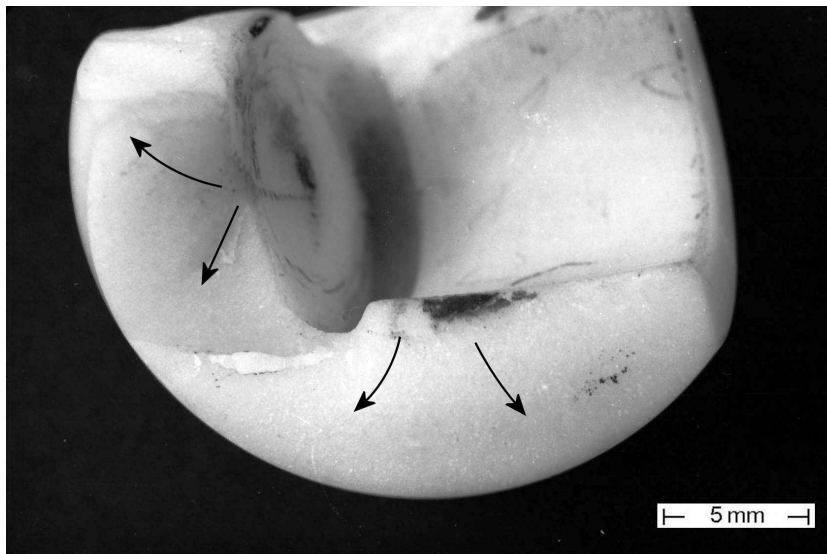


Bild 2:
Teil 1,
primärer Riss-
Start im oberen
Teil der
Sitzfläche,
weitere Riss-
Starts in der
Kuppel

Im Weiteren fällt der Blick direkt auf den Grund des Domes. Die Bruchkanten der anderen Teile (2 und 3) sind geradlinig ausgebildet (Bild 3).

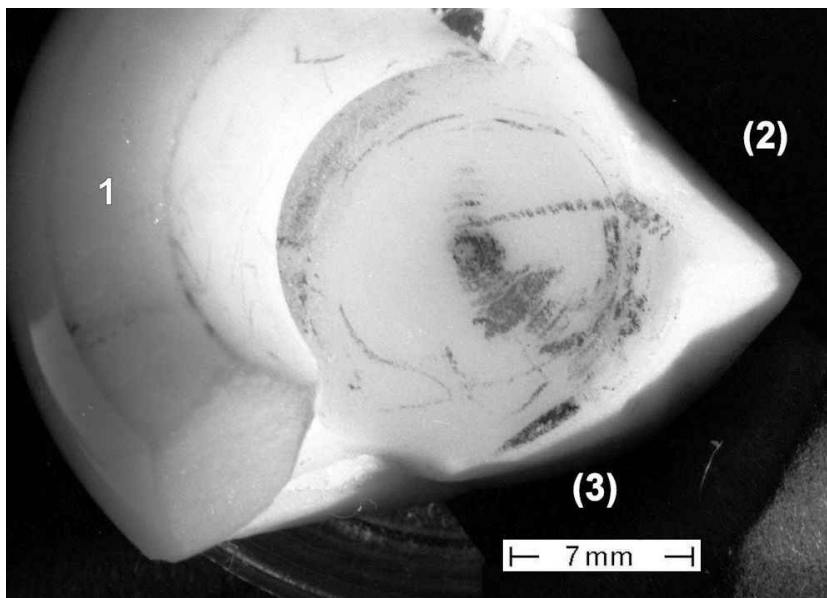


Bild 3:
Teil 1,
Blick auf den
Grund des
Domes:
primäre
Bruchfläche am
oberen Rand;
geradlinige
Bruchkanten am
ehemaligen Ort
der Teile 2 und 3

Teil 2 enthält die korrespondierende Primärbruchfläche (Bild 4).

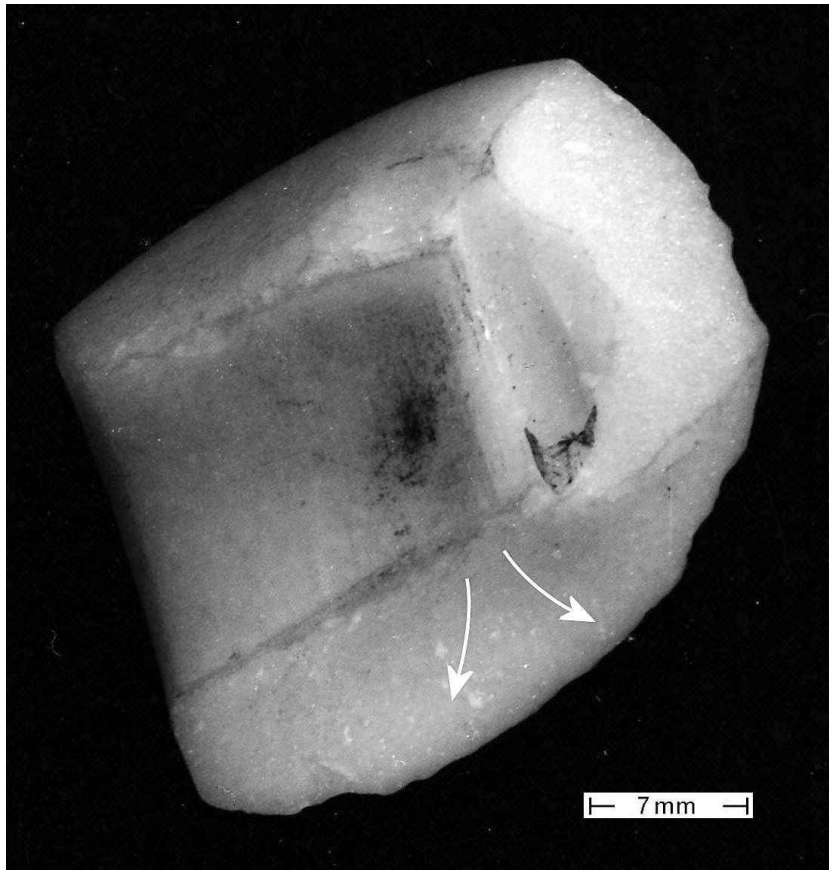


Bild 4:
Teil 2 mit der
Primärbruch-
fläche (unten)
als Partner von
Teil 1

Die beiden Primärbruchflächen der Teile 1 und 2 wurden senkrecht in die Betrachtungsachse gedreht und der Lichteinfall streifend ausgerichtet (entlang der Konusachse). Der Riss-Start lässt sich nun genauer eingrenzen; er erfolgte etwa 1 mm unterhalb der Übergangsnut (Bild 5).

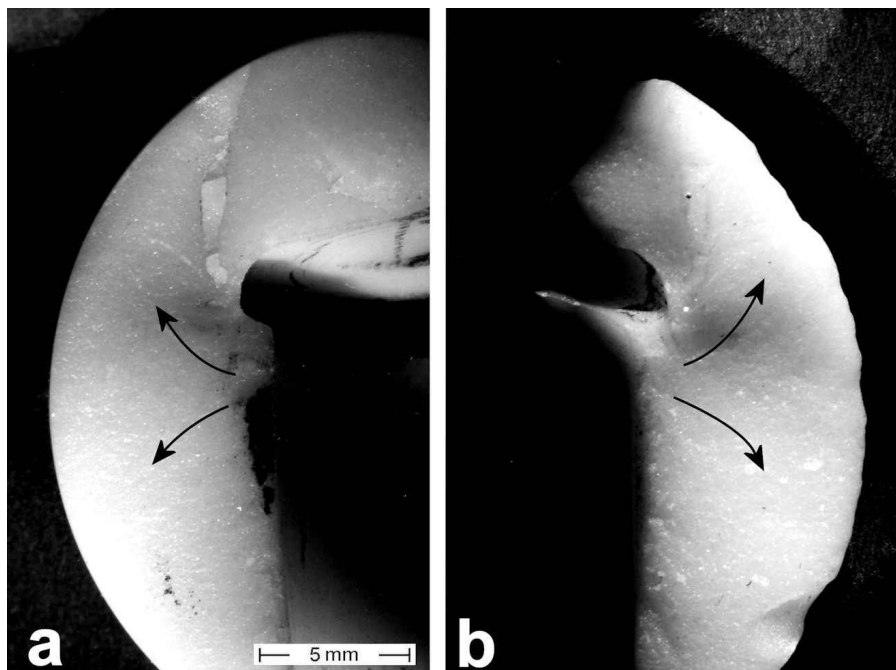


Bild 5:
korrespondierende
Bruchflächen von
Teil 1 (a) und
Teil 2 (b)

Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM)

Beim Auftreffen eines Elektronenstrahls auf eine Oberfläche entstehen Elektronen, welche die Probe wieder verlassen und zur Bilderzeugung genutzt können (Sekundärelektronen). Ein Teil der Ladung verbleibt in der Probe. Dieser „Probenstrom“ muss abgeleitet werden, ansonsten würde er als Aufladung das Bild stören. Eine Probe, welche einen Isolator darstellt, wird deshalb mit einer leitfähigen Schicht bedampft (im Vakuum). Im einfachsten Fall erfolgt dies mit Kohlenstoff. Auch auch bei normaler Beleuchtung erscheinen die Strukturen dann markanter (Bild 6).

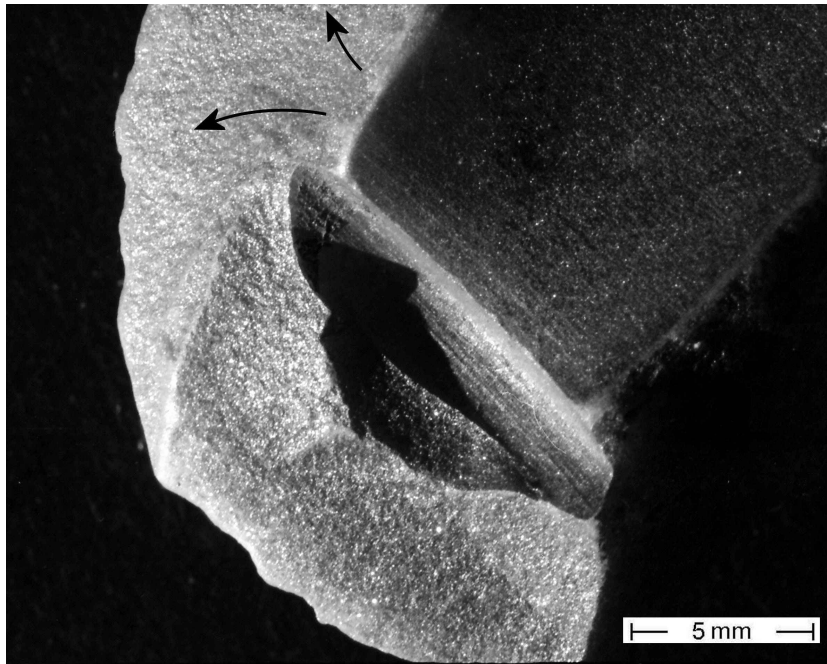


Bild 6:
oberer Bereich
von Teil 2 nach
dem Bedampfen
(vgl. Bild 5b)

Das Riss-Startgebiet wird nun im REM betrachtet. Zunächst ist eine Übersichtsaufnahme zu sehen. Der örtliche Rissverlauf ist allenfalls zu erahnen (Bild 7).

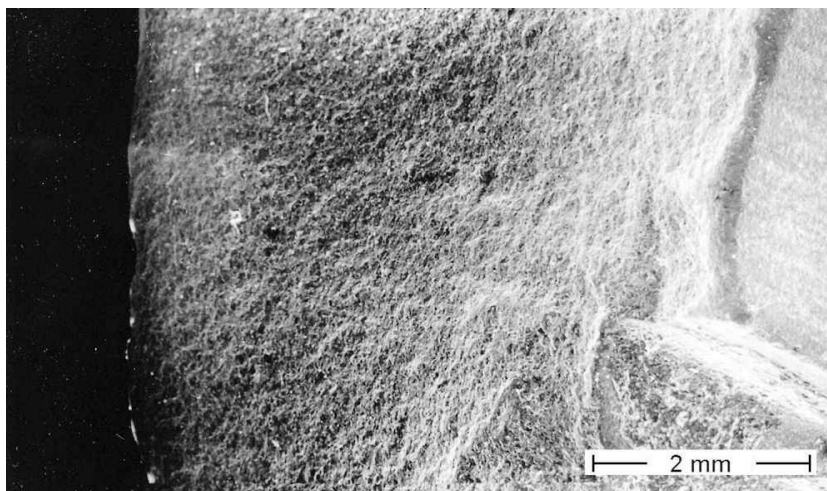


Bild 7:
Riss-
Startbereich als
Übersicht im
REM
(vgl. Bild 6)

Bei höherer Vergrößerung wird die Kornstruktur sichtbar; der Bruch ist den Korngrenzen gefolgt (Bild 8).

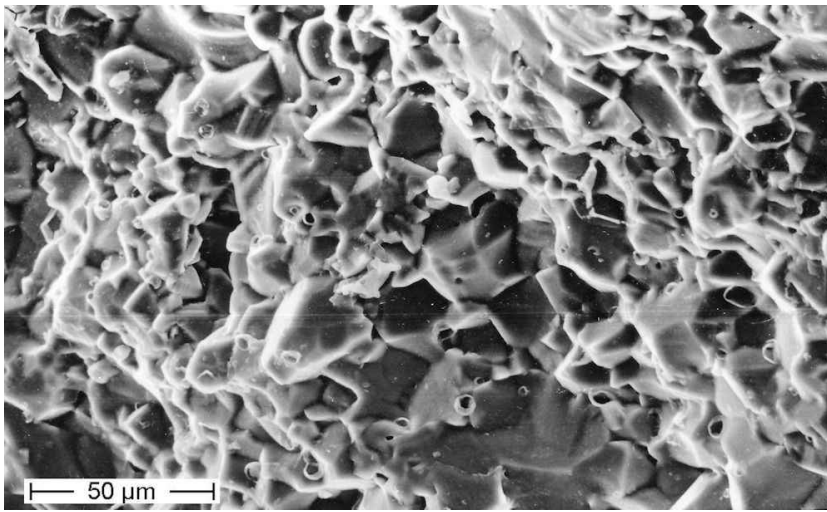


Bild 8:
freiliegende
Körner
(Ausschnitt aus
Bild 7)

Die Körner sind bis zu 20 μm groß (Bild 9).

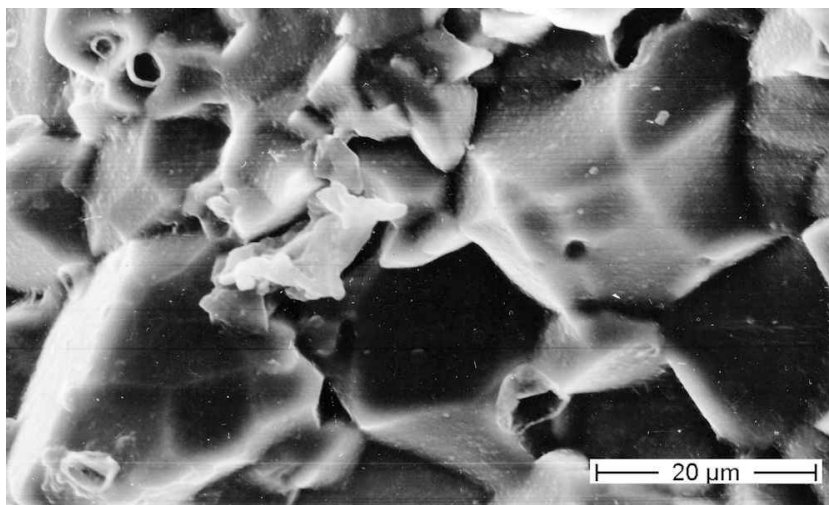


Bild 9:
große Körner
(Ausschnitt aus
Bild 8)

An einer anderen Stelle fanden sich Körner in der Größe von bis zu **40 μm** (Bild 10).

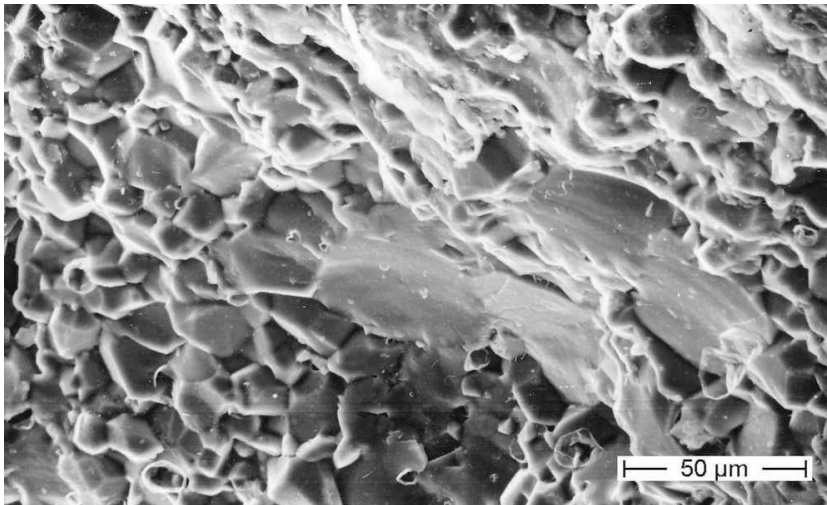


Bild 10:
Bereich mit
ausgeprägtem
Grobkorn

Ansatzweise waren auch Spaltflächen zu sehen. Im Gegensatz zu den Korngrenzflächen kann man bei ihnen die Richtung des Bruchverlaufs erkennen. Ein Großkorn hat als lokaler Riss-Starter gedient hat (Bild 11).

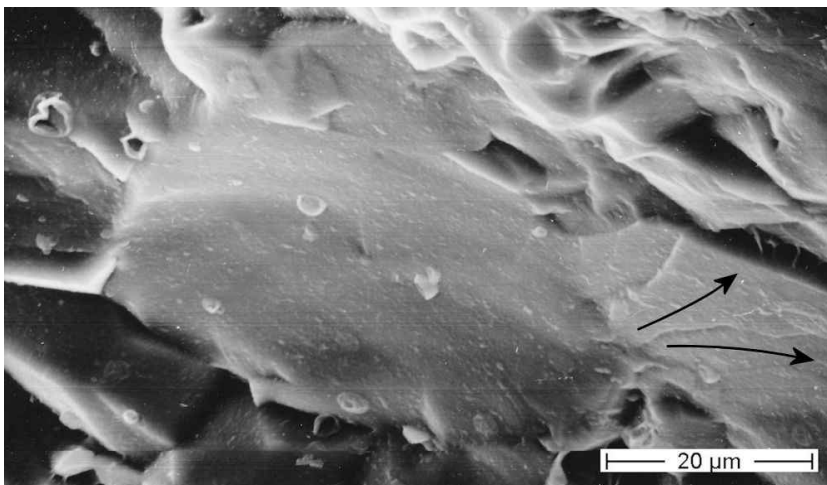


Bild 11:
Spaltflächen
nehmen ihren
Ausgang an
einem
Großkorn
(Ausschnitt aus
Bild 10)

Abschließend wurden die Bruchstücke zur ursprünglichen Form zusammen gesetzt (Bild 12). Die Bruchstücke passen lückenlos aufeinander als Zeichen dafür, dass keine weitere Zerstörung stattgefunden hat.

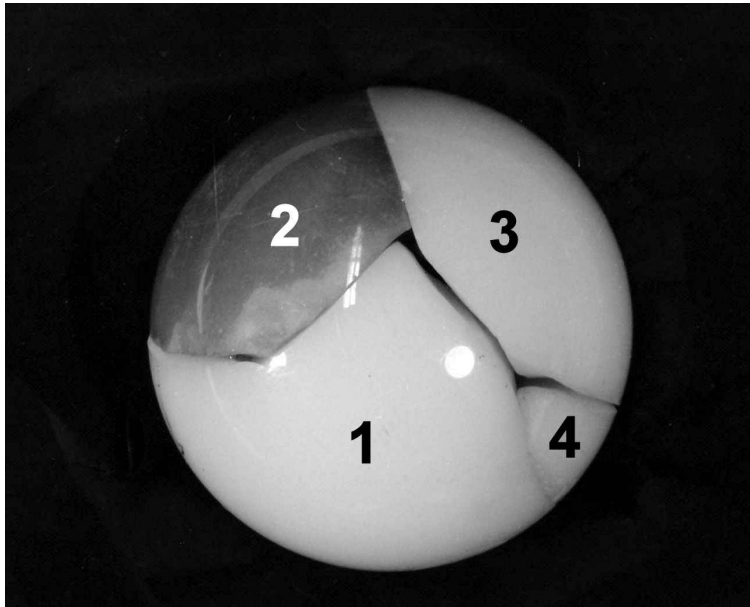


Bild 12:
vier Bruchstücke
zusammengelegt; gute
Passung;
Schwärzung von Teil 2
aus der Bedampfung mit
Kohlenstoff

Diskussion

Der Bruch startete in der Konuswand kurz unterhalb der Umfangsnut. Unmittelbares Startgebiet war eine Stelle, an der sich Grobkorn ausgebildet hatte (Korngröße bis $40\ \mu\text{m}$). Vom Hersteller wurde eine mittlere Korngröße von etwa $2,5\ \mu\text{m}$ angestrebt (Bild 13).

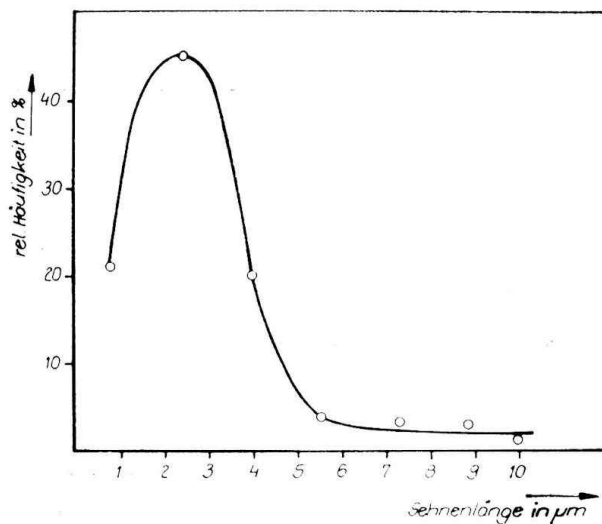


Bild 13:
Korngrößenverteilung der
Hermsdorfer Biokeramik;
mittlere Korngröße
 $2,5\ \mu\text{m}$ [1]

Es stellt ein grundsätzliches Problem des Sinterns dar, einesteils dicht zu sintern, anderenteils ein Kornwachstum zu vermeiden.

Literatur

- [1] Glien, W.; Benz, H.: Hermsdorfer Biokeramik – Werkstoffeigenschaften und Erzeugnisprogramm. Hermsdorfer Techn. Mitteil. 62 (1983) 1952-1955

Martin Möser, 18. Februar 2015 (nach einem Bericht aus dem Jahre 1987)