

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

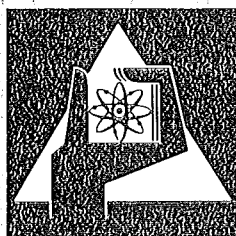
März 1973

KFK 1781

Institut für Material- und Festkörperforschung
Projekt Schneller Brüter

Zum Nachsinterverhalten von UO_2 - PuO_2 -Brennstofftabletten

Th. Dippel, E. Günther



**GESELLSCHAFT
FÜR
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 1781

Institut für Material- und Festkörperforschung
Projekt Schneller Brüter

Zum Nachsinterverhalten von UO_2 - PuO_2 -Brennstofftabletten

von

Th. Dippel, E. Günther

Gesellschaft für Kernforschung mbH., Karlsruhe



KURZFASSUNG

Durch thermische Vorbehandlung von UO_2 - PuO_2 -Pulvergemischen ist es möglich, Brennstofftabletten mit Dichten zwischen 85 % th.D. und 90 % th.D. zu sintern. Bei Wiederholung des Sinterprozesses sintern die Tabletten nach, jedoch bezogen auf die Glühtemperatur und die Tablettendichte in verschiedenem Maß. Damit gelingt es, diese Dichtezunahme durch geeignete Wahl der Glühtemperatur der Ausgangspulver in bestimmten, vorgegebenen Grenzen zu halten.

A B S T R A C T

By calcination of UO_2 - PuO_2 -powder mixtures it is possible to fabricate fuel pellets with densities between 85 % T.D. and 90 % T.D. On repeating the sintering process shrinkage of pellets will proceed, but related to the density of sintered pellets and the calcination temperature of the powder mixtures this additional shrinkage of the sintered pellets will be different. By proper choice of the calcination temperature the increase in pellet density can be kept within the predetermined limits.

I n h a l t

1. Einleitung
2. Desaktivierung der Ausgangspulver
3. Herstellung der Brennstofftabletten
4. Ergebnisse
 - 4.1 Ergebnisse der Glühbehandlung
 - 4.2 Sinterergebnisse
5. Erläuterung der Ergebnisse
6. Zusammenfassung

Literatur

1. Einleitung

In den Spezifikationen für Brennstofftabletten finden sich bei neueren Bestrahlungsexperimenten Angaben zum Nachsinterverhalten der Brennstofftabletten. Darunter versteht man ganz allgemein Veränderungen an den Brennstofftabletten, die durch die Wiederholung des Sinterprozesses hervorgerufen werden können. Besonders wichtig sind hierbei die Veränderungen der Tablettendimensionen und damit der Tablettendichte (meist als Dichtezunahme) sowie die Veränderung des Porenbildes und des Gefüges. Das Maß dieser Veränderungen selbst hängt von der Sinteraktivität der verwendeten Oxidpulver ab. Im Rahmen von Arbeiten zur Tablettenherstellung interessiert besonders die Dichtezunahme bzw. Maßnahmen wie die Dichtezunahme beherrscht werden kann. Ferner werden quantitative Angaben über die Dichtezunahme benötigt.

Da man davon auszugehen hat, daß oxidkeramische Körper vom Typ der UO_2 - PuO_2 -Brennstofftabletten bei wiederholter Wärmebehandlung stets Veränderungen erfahren, kann von einem ausgesinterten Zustand im strengen Sinn nicht gesprochen werden. Es bedarf vielmehr einer Definition, was als ausgesinteter Zustand der Brennstofftabletten gelten soll. Im Hinblick auf die Erfordernisse der Herstellungsarbeiten zu den Bestrahlungsexperimenten der Schnellbrüter-Brennstabentwicklung wurde festgelegt, daß im Dichtebe-
reich von 85 % th.D. bis 90 % th.D. bei einmaliger Wiederholung des Sinterprozesses die Tablettendichte nicht mehr als 1 % th.D. zunehmen darf. Bezüglich des Porenbildes und des Gefüges bestehen keine zusätzlichen Vorschriften. Diese Definition hat die Forderung nach Reduzierung der Sinteraktivität der UO_2 - bzw. PuO_2 -Pulver in zweifacher Hinsicht zum Inhalt. Einmal gilt es, die Sinteraktivität technologisch relevanter Pulvertypen soweit zu reduzieren, daß in einem qualifizierten Sinterprozeß, d.h. bei wirtschaftlich vertretbaren Temperaturen und Haltezeiten, die erwähnten Dichten erzielt werden; zum anderen muß damit die Sinteraktivität schon so klein sein, daß auch das Nachsinterverhalten in den definierten Grenzen gehalten werden kann.

Wiewohl in diesem Zusammenhang nur UO_2/PuO_2 -Gemische von Bedeutung sind, wurden als orientierende Voruntersuchungen einige Experimente auch mit reinem UO_2 -Pulver ausgeführt.

15.2.1973

2. Desaktivierung der Ausgangspulver

Da für die Tablettenherstellung im allgemeinen heute nur Pulvertypen hoher Sinteraktivität greifbar sind, wurden bereits Versuche unternommen [1, 2, 3, 4], die Sinteraktivität zu reduzieren bzw. die für die Beurteilung der Sinteraktivität wesentlichen Parameter herauszufinden. Grundsätzlich bieten sich eine Anzahl von Möglichkeiten an, die Sinteraktivität von UO_2 - PuO_2 -Pulvermischungen zu reduzieren. Diese bestehen prinzipiell in der Entwicklung von Herstellungsmethoden für UO_2 - bzw. PuO_2 -Pulver, die als solche schon eine geringe Sinteraktivität besitzen oder in einer Vorbehandlung der Pulver gängiger Qualität, wie sie über die ADU-Fällung, die AUC-Fällung oder die Peroxidfällung erhalten werden. Diese Vorbehandlung kann im Zuzumischen sehr sinterinaktiver Anteile, z.B. gemahlener Sinterschrotts, bestehen, im Vorpressen der Ausgangspulver bei hohem Druck mit anschließendem Brechen zu einem Granulat geeigneter Teilchengröße oder in der Glühbehandlung der Ausgangspulver. Ferner ist die Zugabe von Sinterinhibitoren [2] oder gasfreisetzender Uran- bzw. Plutoniumverbindungen hier zu nennen [4, 5]. Unter technologischen Aspekten weist jede Methode Vor- und Nachteile auf, die für die Laboratoriumsarbeit nicht im vollen Umfang berücksichtigt werden brauchen. Da bereits schon einige Erfahrungen vorlagen, wurde die Pulverdesaktivierung über die Glühbehandlung ausgewählt. Dazu wurden ADU-gefälltes UO_2 -Pulver bzw. eine UO_2 -25 % PuO_2 -Pulvermischung bei Temperaturen zwischen $1150^\circ C$ und $1350^\circ C$ jeweils 2 h unter $Ar/5\% H_2$ -Gemisch geglüht. Der Ofen wurde dabei einheitlich bei allen Glühungen mit 5 l/min Gasgemisch gespült.

3. Herstellung der Brennstofftabletten

Aus den geglühten Pulvern wurden Tabletten hergestellt. Hierzu wurden die Pulver einheitlich mit 1,2 Gew.-% Polyvinylalkohol und 1 Gew.-% Stearinsäure zu frei fließenden Granulaten aufbereitet. Diese wurden mit einer mechanischen Presse zu Tabletten gepreßt, die verschiedene Preßdichten besaßen. Die untere Grenze der Preßdichten wurde jeweils so gewählt, daß formstabile, gut handhabbare Preßlinge erhalten wurden. Die obere Grenze der Preßdichten war durch die maximale Belastbarkeit der Preßwerkzeuge technisch vorgegeben. Die in diesem Bereich erhaltenen Preßlinge waren

jedoch noch nicht überpreßt. Während des Pressens wurden die zu den Preßdichten gehörenden Preßdrucke registriert. An das Pressen schloß sich der Entwachsungsprozeß an. Er wurde nach einem Temperatur-Zeit-Programm einheitlich ausgeführt. Die maximale Temperatur betrug 750°C , das Schutzgas war CO_2 . Mit diesem Entwachsungsprozeß ging eine weitgehende Vereinheitlichung der Stöchiometrie der Preßlinge einher. Das Verhältnis O/Me lag nach dem Entwachsen bei ca. 2,05. Daher blieb die Stöchiometrie der Ausgangspulver, die je nach Glühbehandlung bei etwa 2,01 zu erwarten ist, bei diesen Experimenten außer Betracht.

Die nach der jeweiligen Pulvervorbehandlung geordneten, entwachsenen Tabletten wurden gemeinsam, jedoch nach UO_2 - bzw. UO_2 -25 %- PuO_2 -Tabletten getrennt, in drei Sinterprozessen gesintert. Der erste Sinterprozeß diente der Herstellung der Tabletten als solcher, der zweite Sinterprozeß sollte Aufschluß geben über das Maß des Nachsinterns. Diese beiden Sinterprozesse wurden einheitlich bei 1620°C und 2 Stunden Sinterzeit ausgeführt. Bei den UO_2/PuO_2 -Tabletten schloß sich ein dritter Sinterprozeß mit 24 Stunden Dauer an, der über das Nachsintern bei längeren Glühzeiten Aufschluß geben sollte.

4. Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Glühbehandlung

In den Tabellen 1 und 2 sind die nach der Glühbehandlung gemessenen Pulverdaten zusammengefaßt. Man erkennt, daß mit steigender Glühtemperatur die spezifische Oberfläche der Pulver niedrigere Werte annimmt und die Schüttdichte bzw. Klopfdichte ansteigt. Die Verschiebung des Teilchengrößenspektrums durch die Glühbehandlung ist in dem durch Siebanalyse erfaßbaren Bereich sehr gering und somit ohne Bedeutung.

Tabelle 1 Pulverdaten der UO_2 -Pulver

| Pulver-Nr. | Vorbehandlung *) | BET-Oberfl. (m^2/g) | Schüttdichte (g/cm^2) | Klopfdichte (g/cm^2) |
|------------|---------------------------|---------------------------------------|---|--|
| - | UO_2 unbehandelt | 5,69 | 2,0 | 2,6 |
| I | 1150°C | 1,19 | 3,09 | 3,7 |
| II | 1200°C | 0,78 | 3,40 | 4,3 |
| III | 1250°C | 0,39 | 3,40 | 4,4 |
| IV | 1350°C | 0,20 | 3,50 | 4,6 |

*) bei allen Temperaturen: Glühzeit 2 Stunden; Gasdurchfluß 300 l/h.

Tabelle 2 Pulverdaten der UO_2 -25 %- PuO_2 -Pulver
(aus einer Ausgangs-Mischung)

| Pulver-Nr. | Vorbehandlung | B E T - Oberfläche (m^2/g) | Schüttdichte (g/cm^2) | Klopfdichte (g/cm^2) |
|------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| - | UO_2 unbehandelt | - | siehe Tabelle 1 | - |
| - | PuO_2 unbehandelt | 3,00 | - | - |
| I | 1150 °C *) | 1,49 | 2,87 | 3,74 |
| II | 1200 °C | 1,06 | 2,81 | 4,03 |
| III | 1250 °C | 0,53 | 2,94 | 4,08 |

*) bei allen Temperaturen: Glühzeit = 2 h, Gasdurchfluß = 300 l/h

4.2 Sinterergebnisse

Die Tablettendichte wurde aus dem Gewicht, dem Tablettendurchmesser und der Tablettenhöhe berechnet. Als Tablettendurchmesser wurde der Mittelwert von drei Messungen (Endzonen, Mitte der Tabletten) genommen, als Tablettenhöhe der Mittelwert aus zwei Messungen. Die Berechnung des Maximalfehlers der Dichtebestimmung ergibt einen Wert von ca. 0,4 % th.D., wenn das Gewicht auf $\pm 0,0001$ g genau ausgewogen und die Abmessungen auf $\pm 0,003$ mm genau vermessen wurden.

UO_2 -Tabletten

Die Voruntersuchung mit UO_2 -Tabletten zeigt, daß die Sinteraktivität durch das Glühen des Ausgangspulvers drastisch verringert wird (Abb.1). Bei Glühtemperaturen über 1200°C lassen sich nur noch geringe Sinterdichten erzielen, die auch für experimentelle Zwecke der Brennstofftablettensherstellung ohne Bedeutung sind. Bei Wiederholung des Sinterprozesses sintern die Tabletten aller Pulvertypen nach. Es fällt dabei auf, daß bezogen auf den jeweiligen Pulvertyp die Nachsinterrate von der Preßkörperdichte praktisch unabhängig ist. Weil ein hoher Preßdruck jeweils zu einer hohen Preßkörperdichte führt, steigt im entsprechenden Verhältnis auch die Sinterdichte an. Trotzdem wirkt sich die hierbei

zwangsläufig vergrößerte integrale Berührungsfläche der Pulverteilchen im vorliegenden Fall nicht im Sinne einer Verringerung der Nachsinter-rate bei hohen Preßkörperdichten aus. Diese Tatsache widerspricht gän-gigen Erfahrungen und ist hier nicht deutbar. Betrachtet man die mitt-lere Dichtezunahme der Tabletten, so nimmt diese bei Pulver II gegen-über Pulver I mit steigender Glüh-temperatur zunächst ab, um dann bei Pulver III wieder auf einen höheren Wert als bei Pulver I anzuwachsen. Offensichtlich durchläuft hier die Nachsinterrate im betrachteten Tem-peratur- bzw. Desaktivierungsbereich ein Minimum. Bezogen auf eine bestimmte Sinterdichte (z.B. 82 % th.D. in Abb. 1) bedeutet dies, daß mit den Pulvern I bis III die gleiche Sinterdichte erzielt werden kann, aber nur die Tabletten aus Pulver II sintern weniger als 1 % th.D. nach (vergl. UO_2 -25 %- PuO_2 -Tabletten).

UO_2 -25 %- PuO_2 -Tabletten

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurden die Sinterversuche mit einer UO_2 -25 %- PuO_2 -Mischung fortgesetzt; es wurden jedoch nur drei Glüh-temperaturen zur Desaktivierung des Pulvers benutzt.

Beim Verpressen dieser drei Pulver mußte zunächst festgestellt werden, daß sich bei gleichem Preßdruck mit steigender Glüh-temperatur des Pulvers im Bereich der "Preßbarkeit" wesentlich höhere Preßdichten erzielen lassen. Diese Erscheinung ist auf die Vergrößerung und Abrundung der Sekundäragglomerate mit steigender Glüh-temperatur zurückzuführen. Diese muß mit der Zunahme von Schütt- und Rütteldichte bzw. einer Verringerung der spezifischen Oberfläche einhergehen. Nach Tabelle 2 ist dies der Fall. In Abb. 2 sind gegen den Preßdruck die mit den einzelnen Pulvern erhaltenen Preßdichten aufgetragen. Aus einem linearen Bereich Preßdruck - Preßdichte strebt die Preßdichte im Be-reich der Belastbarkeitsgrenze des Preßwerkzeugs einem Grenzwert zu. Dieser dürfte jedoch bereits im Bereich des Überpressens der vorlie-genden Pulver liegen, so daß Extrapolationen über den tatsächlich er-haltenen Preßdichtebereich hinaus unzulässig sind.

Die Abb. 3 zeigt die Sinterergebnisse mit den UO_2 - PuO_2 -Tabletten. Über den Preßdichten sind die Dichten aus der ersten Sinterung und der Wie-derholungssinterung aufgetragen. Zunächst findet man ein erwartetes, bekanntes Bild:

- Die Sinterdichte ist proportional der Preßdichte.
- Die Sinterdichte nimmt mit steigender Kalzinationstemperatur der Ausgangspulver ab.
- Alle Tabletten sintern bei Wiederholung des Sinterprozesses nach.
- Bezogen auf eine Pulverart ist die Dichtezunahme im Bereich kleinerer Preßdichten größer als im Bereich der höheren Preßdichten.

Betrachtet man diese Ergebnisse jedoch im Hinblick auf die eingangs gestellte Frage der Desaktivierung unter den beiden erläuterten Aspekten, so erhält man folgende Antwort:

- Niedrige Tablettendichten zwischen 85 % th.D. und 90 % th.D. lassen sich durch Kalzination der Ausgangspulver erreichen. Die Kalzinationstemperatur selbst spielt dabei - innerhalb bestimmter Grenzen - eine nachgeordnete Rolle.
- Die Größe der Nachsinterrate, bezogen auf die Dichte der Tabletten nach dem ersten Sinterprozeß - das ist die bei der Tablettenherstellung verlangte Dichte - hängt stark von der Kalzinationstemperatur der Ausgangspulver ab. Damit wird die Kalzinationstemperatur zum zentralen Parameter für die Größe der Nachsinterrate. Die Nachsinterrate bleibt jedoch nicht über dem gesamten Dichtebereich einer Tablettensorte unter dem Grenzwert von 1 % th.D. Es ist (s. Abb. 3) jeweils nur der obere Dichtebereich, der diese Forderung erfüllt.

In Abb. 4 sind die aus Abb. 3 entnommenen Nachsinterraten für die drei Kalzinationstemperaturen über den Sinterdichten aufgetragen. Betrachtet man z.B. die Dichte 86 % th.D., so weisen die Tabletten aus der Pulvermischung I die Nachsinterrate von 1,4 % th.D. auf, diese sinkt bei der Pulvermischung II auf 0,8 % th.D. ab, um bei der Pulvermischung III wieder auf 1,25 % th.D. anzusteigen.

Alle Tabletten wurden in einer dritten Sinterung 24 Stunden lang gesintert. Bei dieser ungewöhnlich langen Sinterzeit sintern die Tabletten weiter nach. Ausgenommen ist der obere Dichtebereich der Tabletten aus Pulver I, bei denen sich eine Verringerung der Dichte feststellen läßt. Damit bestätigen sich die Ergebnisse früherer Experimente [6], bei denen ebenfalls UO_2 - PuO_2 -Tabletten mit Dichten > 90 % th.D. Langzeitsinterprozessen unterworfen worden waren (Abb. 5). Der Verlauf der Nachsinterraten der Langzeitsinterung mit 24 Stunden bei den

Tabletten aus Pulver II und III ist dem aus der Wiederholungssinterung mit 2 Stunden sehr ähnlich; es lassen sich deshalb daraus keine Aspekte für die Deutung des Nachsinterverhaltens gewinnen.

Reproduzierbarkeit

Bei der Tablettenherstellung für andere Experimente wurde die Reproduzierbarkeit der Sinterergebnisse mit dem bei 1200°C geglühten Pulvergemisch untersucht. Es wurden Tabletten mit Preßdichten um $7,3 \text{ g/cm}^3$ gepreßt und bei 1620°C gesintert. Der Sollwert gemäß Abb. 3 war ca. $87,2 \%$ th.D. Als tatsächlicher Mittelwert aus 24 Tabletten wurde in guter Übereinstimmung $87,33 \%$ th.D. gefunden; die maximalen Abweichungen von diesem Mittelwert waren $\pm 1 \%$ th.D. (zur Reproduzierbarkeit der Nachsinterrate s. [7]).

5. Erläuterung der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Sinterversuche bestätigen, daß die spezifische Oberfläche ein brauchbares Maß für die Sinteraktivität ist, wiewohl sie, wie im folgenden gezeigt wird, das gesamte Sinterverhalten eines UO_2/PuO_2 -Preßkörpers nicht vollständig zu beschreiben vermag. Mit fallenden Werten für die spezifische Oberfläche der Pulvermischungen gehen auch die erzielbaren Sinterdichten zurück (s. Tab. 1 und 2). Hinsichtlich des Nachsinterverhaltens besteht zwischen der spezifischen Oberfläche und der Nachsinterrate im betrachteten Bereich der Sinterdichten offensichtlich ein nur teilweiser Zusammenhang bzw. es wird dieser von anderen Einflüssen überlagert. Nach Abb. 4 geht mit steigender Kalzinationstemperatur zunächst auch die Nachsinterrate zurück. Diese steigt im weiteren Verlauf wieder an, obwohl die Kalzinationstemperatur wieder steigt und entsprechend auch die spezifische Oberfläche kleineren Werten zustrebt. Diese Erscheinung kann folgendermaßen gedeutet werden. Mit der Kalzinationstemperatur nimmt die Sinteraktivität zunächst sowohl hinsichtlich der erreichbaren Sinterdichte als auch der Nachsinterrate ab. Bei höheren Kalzinationstemperaturen vergrößern sich die Pulveragglomerate so weit, daß sie beim Pressen der auftretenden Belastung nicht mehr standhalten und zerbrechen. Dadurch entsteht an den Bruchzonen offenbar neue "Sinteraktivität". Diese steht unter den hier gewählten Arbeitsbedingungen im ersten Sinterprozeß nicht in der Weise zur Verfügung,

daß daraus eine zusätzliche Verdichtung der Tabletten resultiert. Diese "Sinteraktivität" steht offenbar nur bei weiteren Wärmebehandlungen zur Verfügung in der Art, daß sie die Nachsinterrate erhöht.

Um diese rein phänomenologische Deutung zu untermauern, wurde versucht, mit Hilfe lichtmikroskopischer Untersuchungen an den geglühten Ausgangspulvern und keramografischer Präparation des Porenbildes der drei Tablettenarten weitere Aussagen zu erhalten. Diese Versuche führten nicht zum Ziel. Dies gilt vor allem für die Beurteilung der Porenbilder. In Abb. 6 sind typische Zonen aus Tabletten aller drei Sorten abgebildet, die das Porenbild nach der ersten Sinterung und nach der Wiederholungssinterung zeigen. Es lassen sich aus diesen Bildern keine eindeutigen Hinweise dafür gewinnen, daß zwischen der Tablettensorte II und III der beschriebene Sachverhalt hinsichtlich des Nachsinterverhaltens existiert.

6. Zusammenfassung

Durch Kalzination von UO_2 -Pulvern und UO_2 - PuO_2 -Pulvermischungen läßt sich deren Sinteraktivität so weit reduzieren, daß daraus Brennstofftabletten mit Dichten zwischen 85 % th.D. und 90 % th.D. gesintert werden können. Durch geeignete Auswahl der Kalzinationstemperatur gelingt es, im Sinterdichtebereich zwischen 85 % th.D. und 90 % th.D. die Nachsinterrate in der definitionsgemäßen Grenze von 1 % th.D. zu halten. Dabei ist jedoch zu beachten, daß mit einer Pulversorte, d.h. mit einer Kalzinationstemperatur jeweils nur ein Teil des genannten Sinterdichtebereiches erfaßt werden kann. Mit den vorhandenen Mitteln war es nicht möglich zu klären, welcher Parameter das erneute Anwachsen der Nachsinterrate bei steigender Kalzinationstemperatur bedingt.

Am Zustandekommen dieses Berichtes waren die Mitarbeiter des IMF-Plutonium-Laboratoriums mit der Ausführung der Sinterexperimente und vieler Einzelmessungen beteiligt. Ihnen sei für ihre Mithilfe an dieser Stelle gedankt.

Literatur:

- [1] U. Runfors:
The Influence of Powder Characteristics on Process and Product
Parameters in UO_2 -Pelletization,
AE-415, 1971
- [2] A.J. Flipot, R. Gilissen, R. Lemaire:
Desactivation, Key Step in UO_2 and $(U,Pu)O_2$ Low-Density Pellet
Fabrication,
Powder Technol. 5, S. 205 - 213, 1971/72
- [3] G. Mühling:
persönliche Mitteilung
- [4] H. Assmann, H. Kroll, H. Röpenack:
Prep. and Prop. of Lower Density UO_2 -Pellets,
AED-Conf. -71-100-27
- [5] E. Günther:
Vorversuche zur Herstellung von niedrigdichten, nachsinterstabilen
 UO_2 -Tabletten durch Zusatz von Ammoniumdiuranat
(unveröffentlicht)
- [6] Th. Dippel, K.H. Triemer:
Herstellung plutoniumoxidhaltiger UO_2 -Pellets
(unveröffentlicht)
- [7] Th. Dippel, M. Wittmann:
Zur Herstellung von UO_2 - PuO_2 -Brennstofftabletten mit niedriger
Stöchiometrie,
KFK 1272/4 (1972)

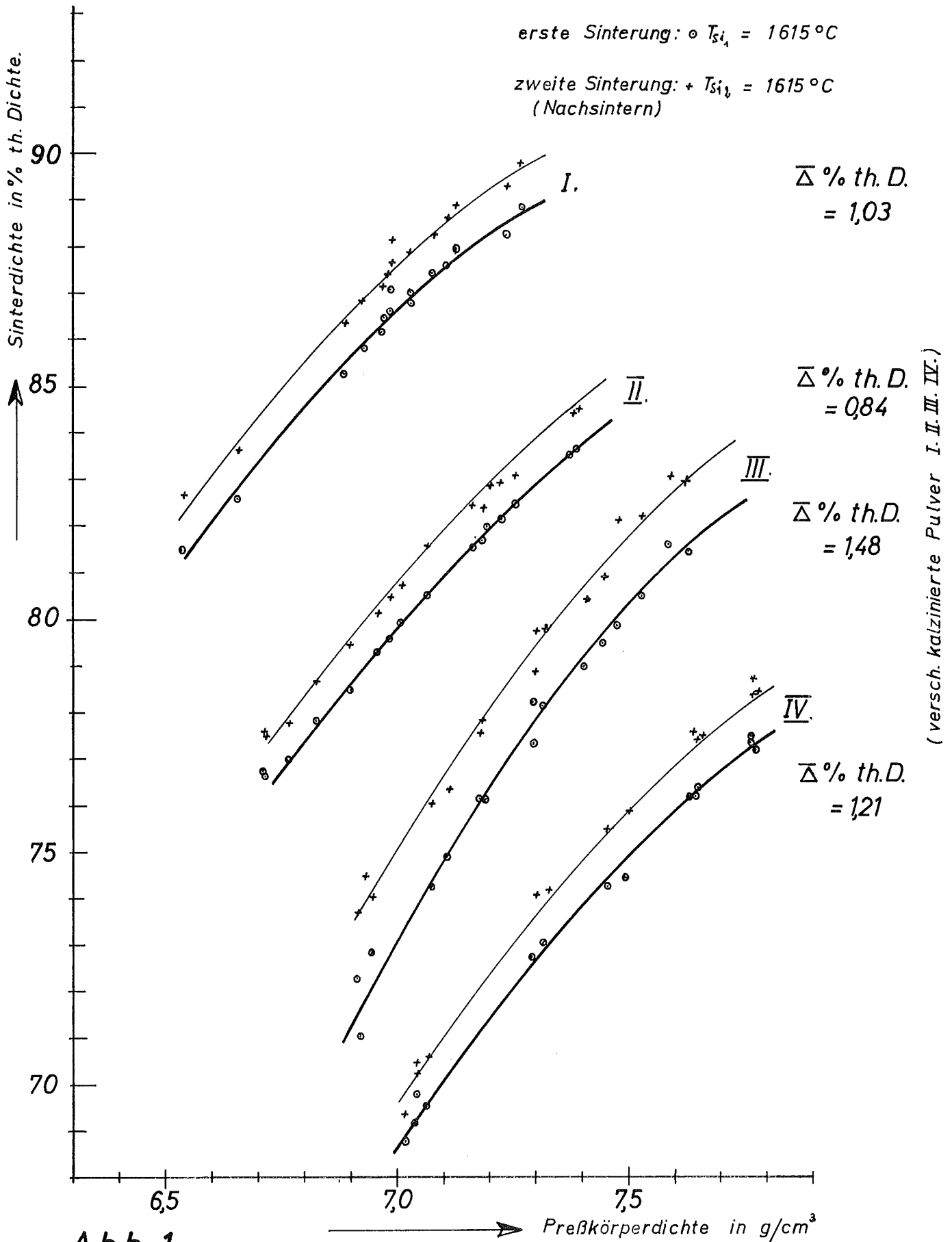


Abb. 1

Sinterergebnisse mit UO_2 . Sinterdichte als Funktion der Presskörperdichte n.d. ersten(\circ) u. zweiten($+$) Sinterung.

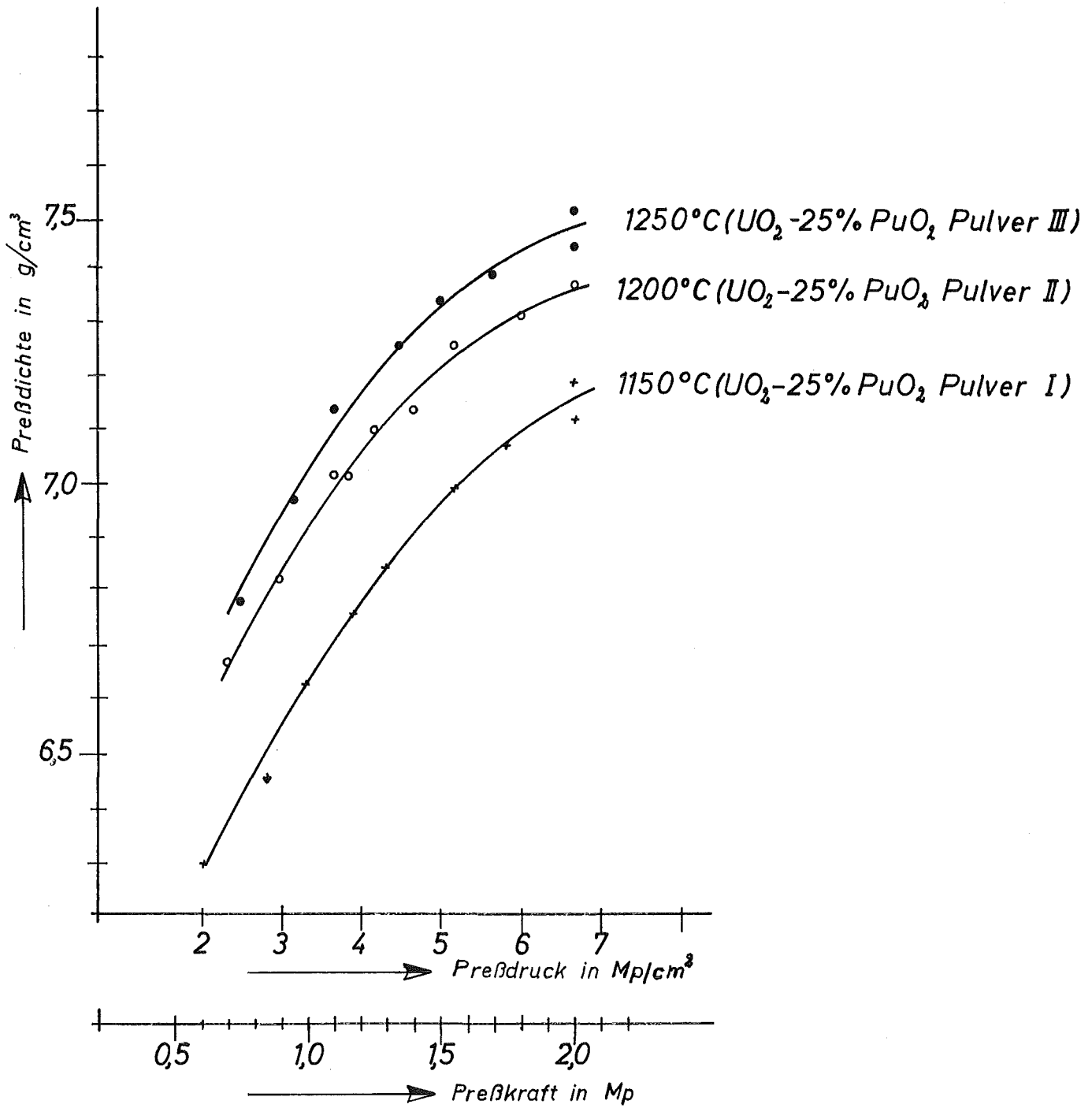


Abb.2

Abhängigkeit der Preßkörperdichte vom Preßdruck und der Kalzinationstemperatur bei $UO_2-25\% PuO_2$ -Preßkörpern.

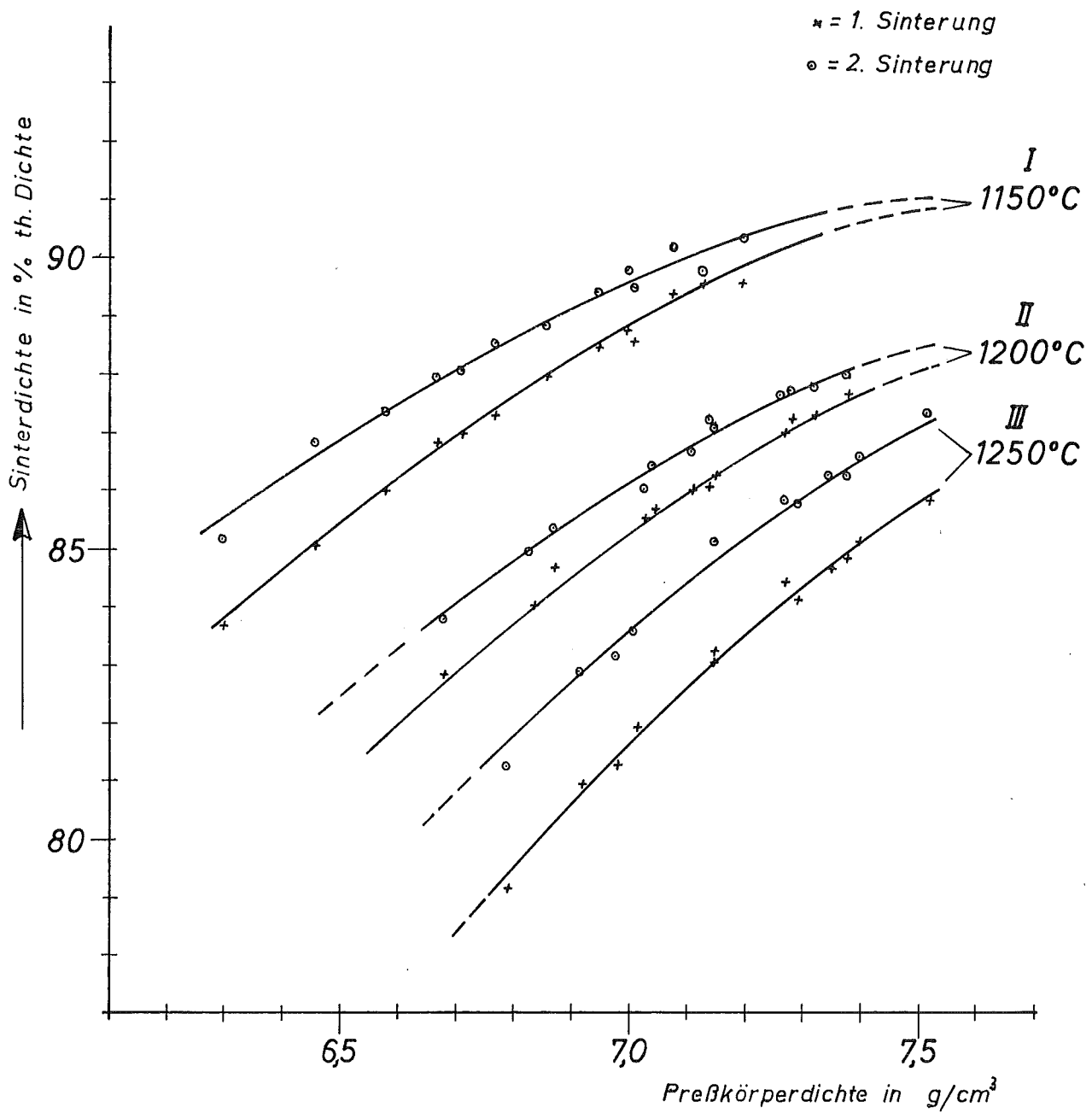


Abb.3

Sinterdichte von kalziniertem UO_2 -25% PuO_2 als Funktion der Preßkörperdichte.

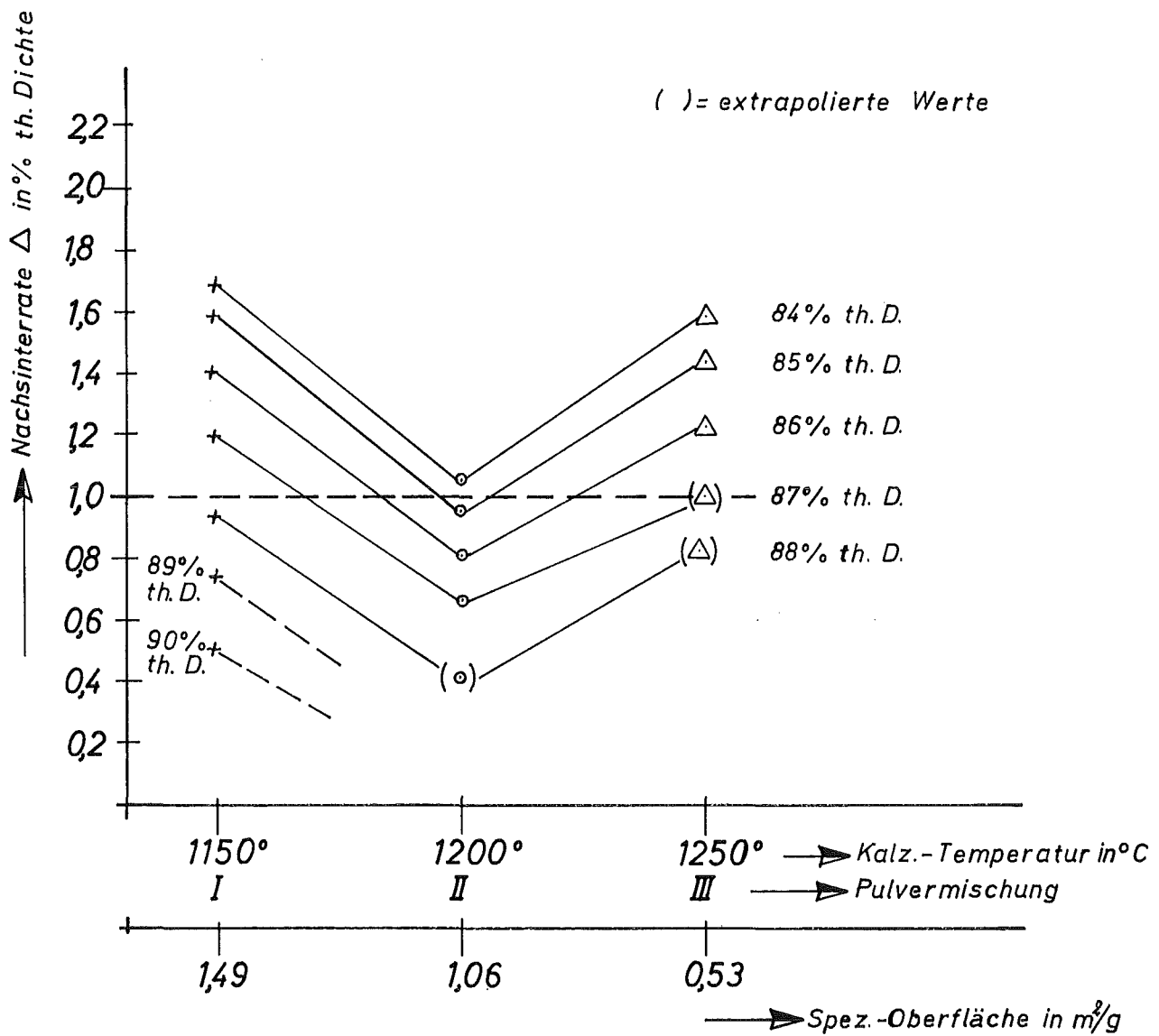
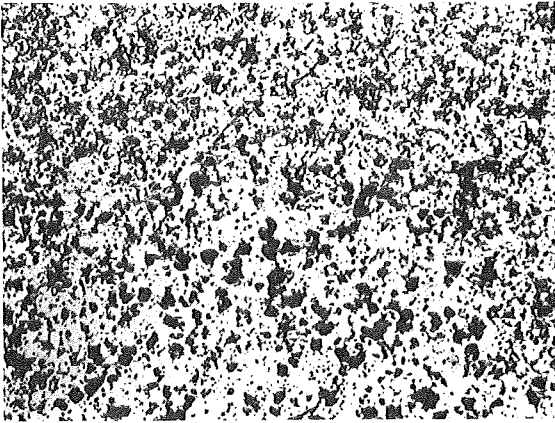


Abb. 4

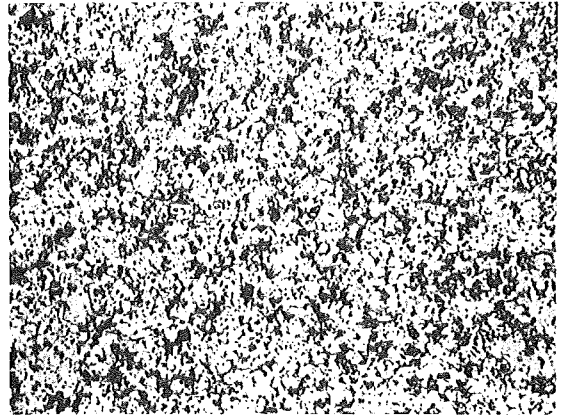
Nachsinterraten bei versch. Sinterdichten in Abhängigkeit von der Kalzinationstemperatur bei UO_2 -25% PuO_2 -Tabletten.

1. Sinterung



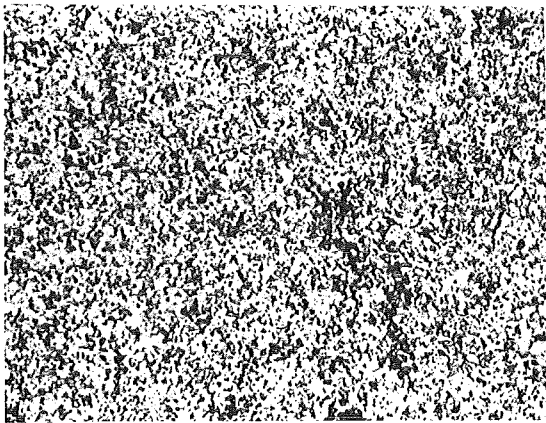
Preßdichte $6,98 \text{ g/cm}^3$, 8895% th. D.

2. Sinterung

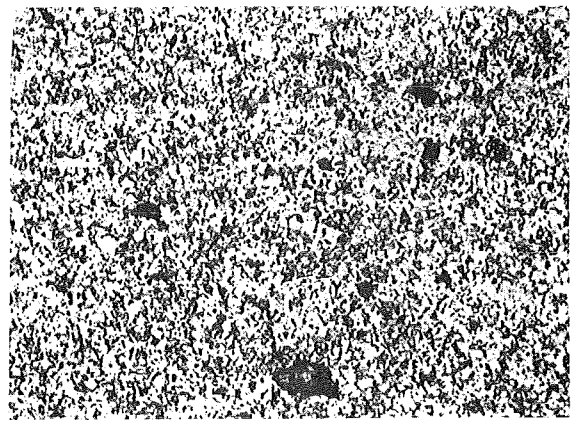


Preßdichte $6,98 \text{ g/cm}^3$, 8981% th. D.

Pulver I

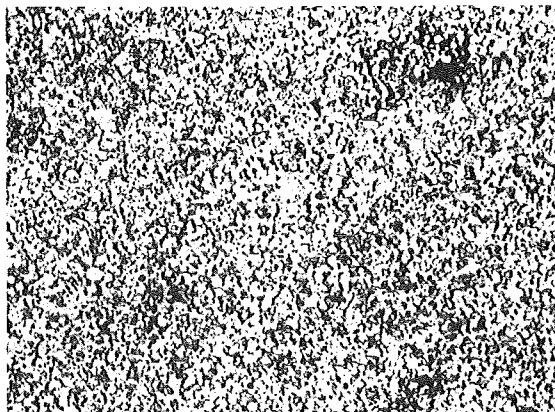


Preßdichte $7,20 \text{ g/cm}^3$, 8796% th. D.

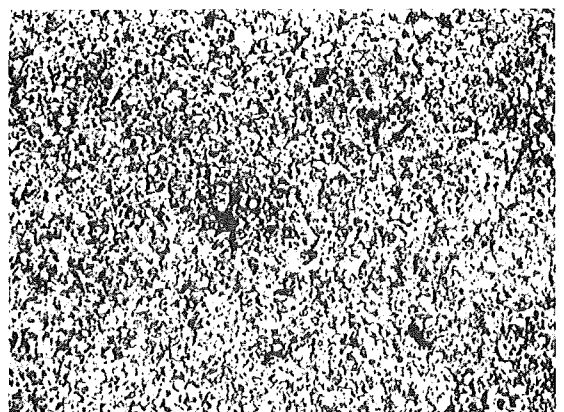


Preßdichte $7,19 \text{ g/cm}^3$, 8794% th. D.

Pulver II



Preßdichte $7,34 \text{ g/cm}^3$, 8477% th. D.



Preßdichte $7,34 \text{ g/cm}^3$, 8684% th. D.

Pulver III

Abb. 6

Porenbilder der UO_2 -25% PuO_2 -Tabletten (1. und 2. Sinterung),

Vergrößerung = 100x