

Lasergestützte Pulsaufheizung zur Ermittlung von Phasendiagrammen im Hochtemperaturbereich

Konstantinos Boboridis

Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission
Institut für Transurane (ITU)
Postfach 2340, 76125 Karlsruhe



<http://itu.jrc.ec.europa.eu>

Messung thermophysikalischer Eigenschaften von Brennstoffen im Hochtemperaturbereich: Relevanz für die Kernkraftwerkstechnologie

➤ Sicherheit

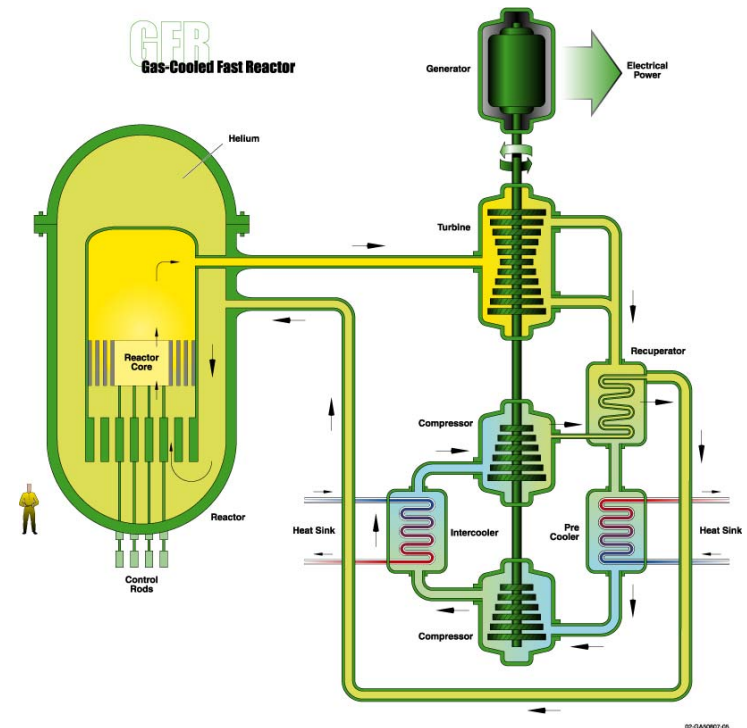
Notwendig für die Zulassung und den sicheren Betrieb sowie für die Simulation von außergewöhnlichen Situationen

➤ Effizienz

Die Leistungs-Obergrenze eines Reaktors wird größtenteils durch den Schmelzpunkt der Brennelemente bestimmt

➤ Weiterentwicklung

Für die nächste Generation (Gen IV) von Kernkraftwerken wird gegenwärtig am Aufbau einer thermodynamischen Datenbank für relevante Materialien gearbeitet (Brennstoff, Hülse)



Probleme

➤ Probenstabilität

- ❑ Erhöhte Reaktivität
- ❑ (inkongruente) Verdampfung

➤ Temperaturmessung

- ❑ Thermoelemente und Widerstandsthermometer nicht mehr verwendbar

Lösungen

➤ Berührungslose Methoden

➤ Inertgas-Atmosphäre

➤ Kurze Experimentierdauer

➤ Hohe Umgebungsdrücke

➤ Strahlungsthermometrie

Allerdings:

- ❑ Der spektrale Emissionsgrad muss bekannt sein, oder
- ❑ er muss gleichzeitig gemessen werden, oder
- ❑ Methode zur Erhöhung des effektiven Emissionsgrades (spezielle Probengeometrie, hemisphärische Spiegel, etc.)

Merkmale

- Hohe Aufheizraten möglich ($>10^5$ K/s)
- Kontrolle über die Aufheizrate sowie die Abkühlrate durch geeignete Laser-Pulsform
- Anwendbar auf el. leitende und isolierende Stoffe
- Anwendbar auf Proben unregelmäßiger Form
- Quasi-“behälterlos“ um Kontamination durch den Probenhalter zu vermeiden

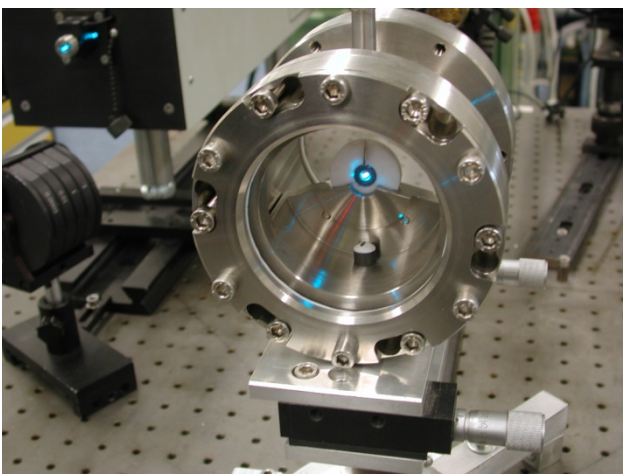
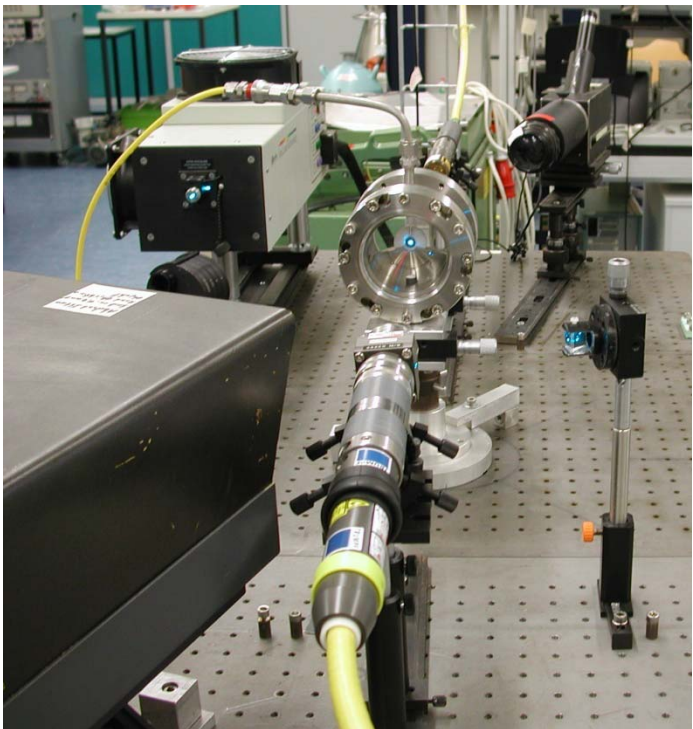
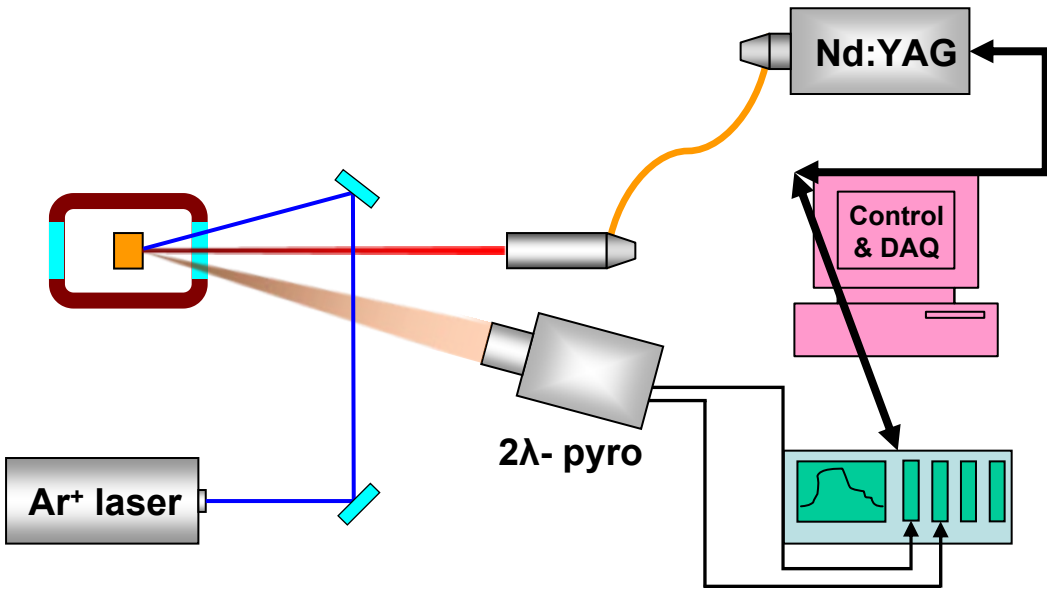
Messprinzip

- Probe bis zur gewünschten Temperatur erhitzen, dann abkühlen lassen
- Plötzliche Steigungsänderungen (z.B. Plateaux) in den aufgenommenen Thermogrammen weisen auf mögliche Phasenübergänge hin

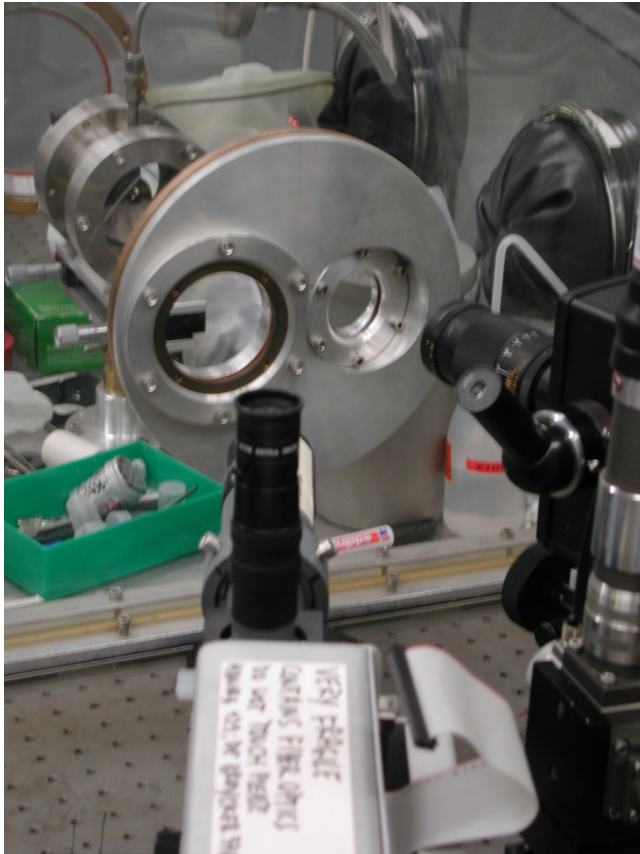
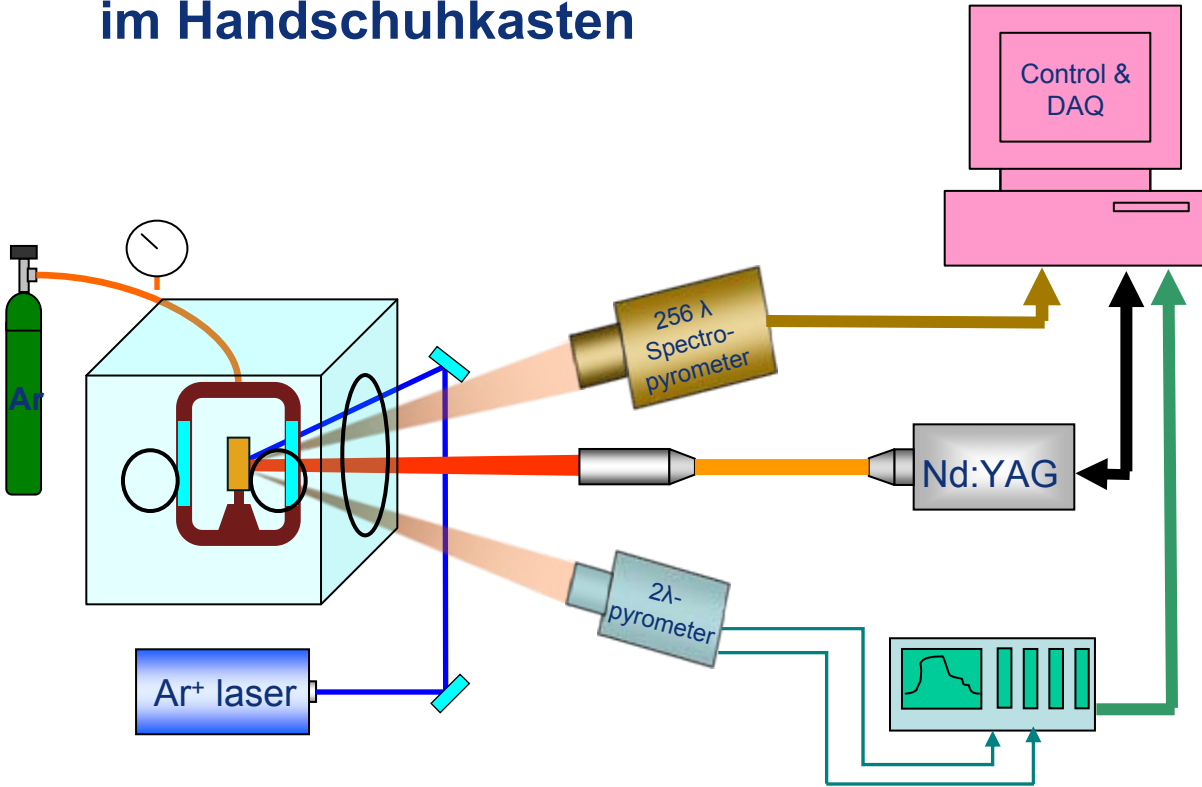
Nachteil

- Die stark inhomogene (Oberflächen-) Aufheizung der Probe erschwert oftmals die Interpretation der Thermogramme

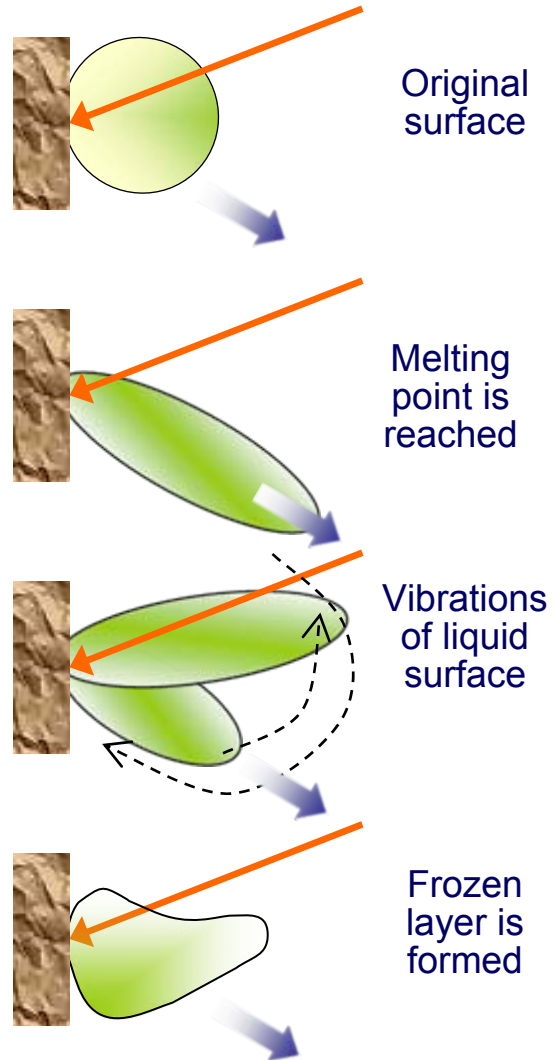
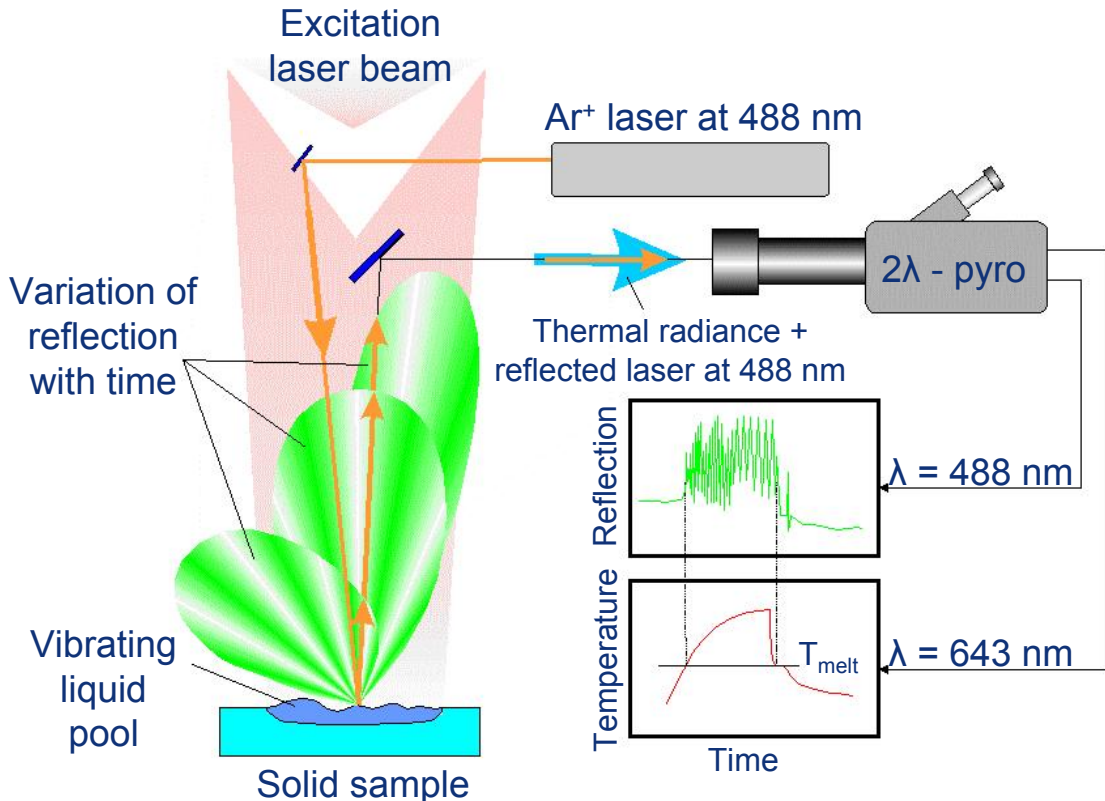
- 4.5 kW Nd:YAG Laser bei 1064 nm
 - Programmierbar, 1 ms-Auflösung
- 0.75 W Ar⁺ Laser bei 488 nm
- Strahlungstemperatur bei 643 nm
- Reflektierter Laserstrahl bei 488 nm
- Probe im Vakuumgefäß



Messungen an aktiven Proben im Handschuhkasten

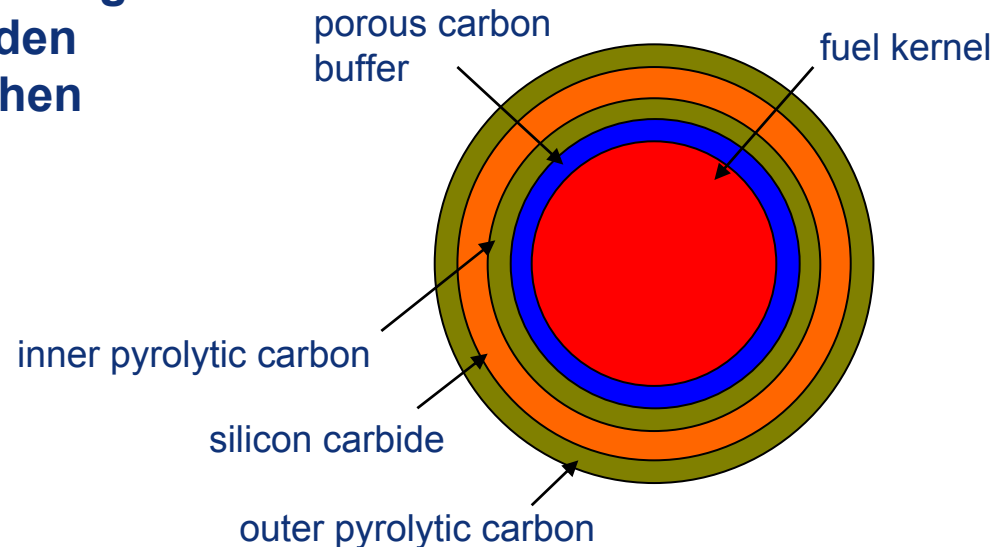
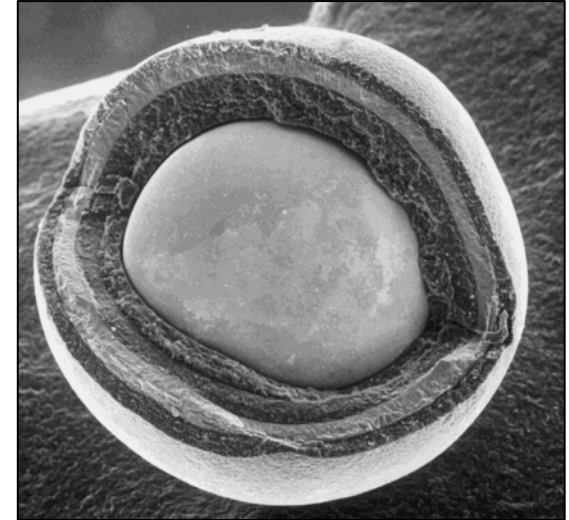


Zum Nachweis von Schmelz- oder Erstarrungsübergängen:

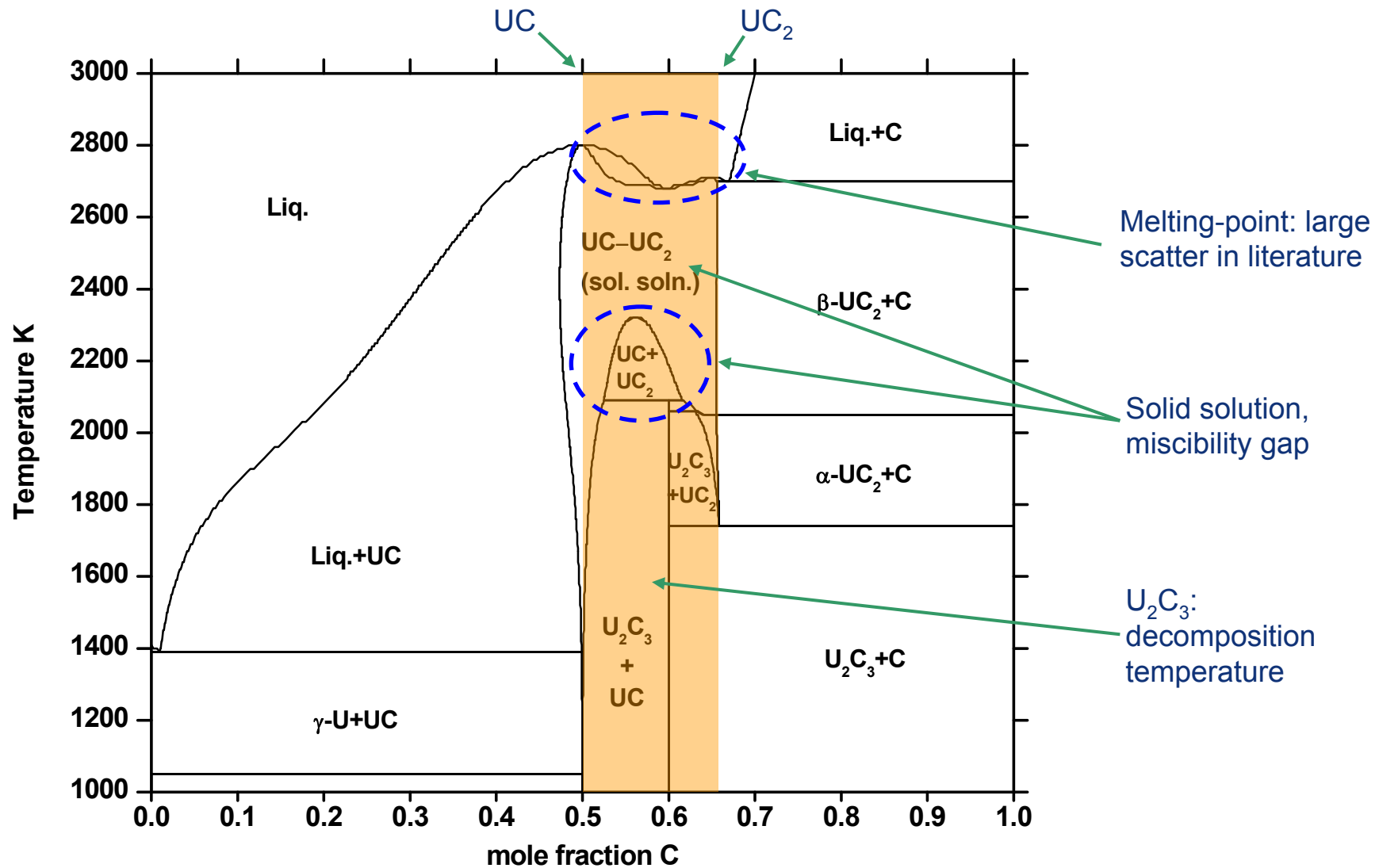


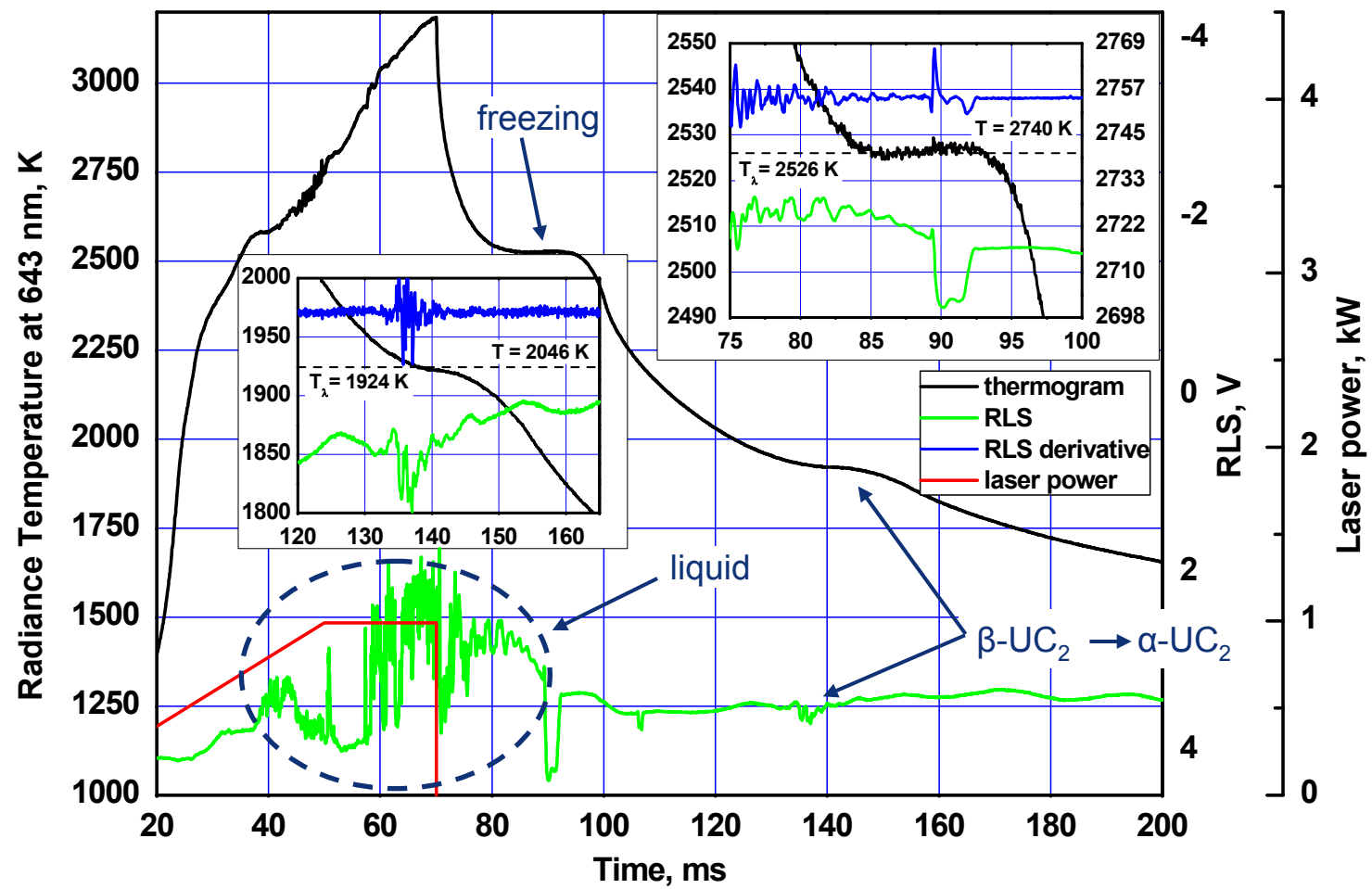
Bedeutung des U-C Systems

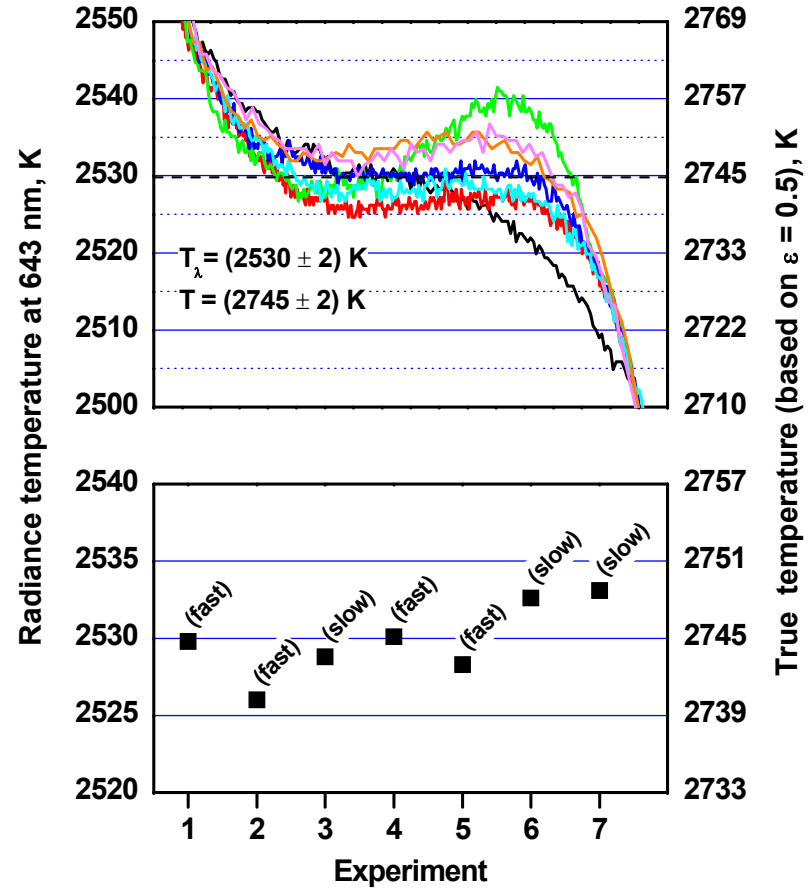
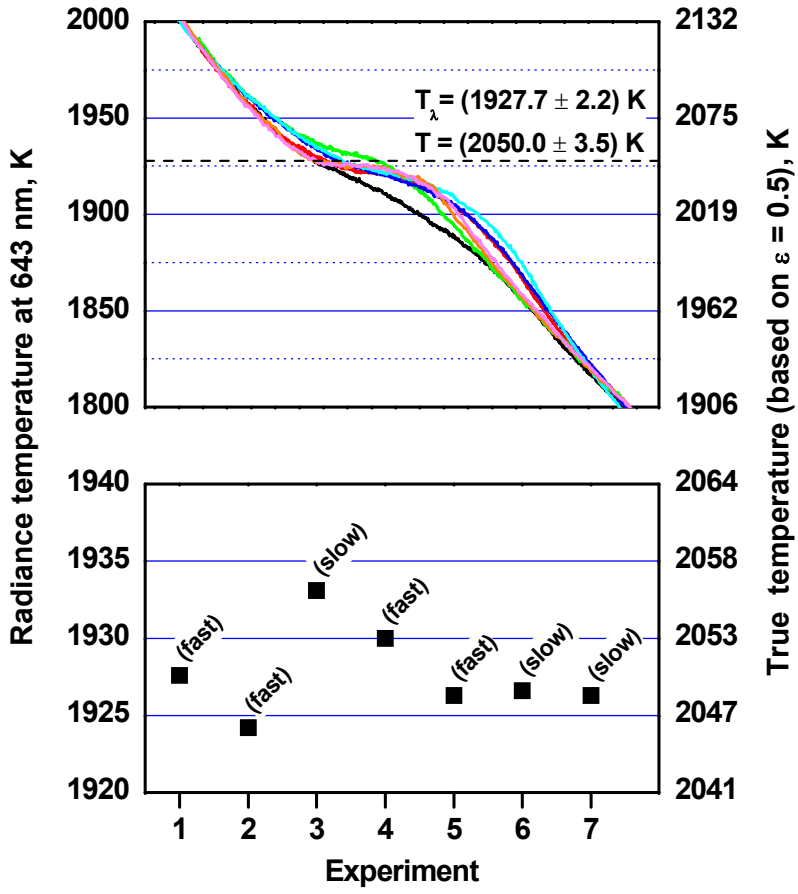
- Relevant für den Gen IV GFR und VHTR
- Ein möglicher Brennstoff für den Gen IV GFR ist ein UC Kern eingebettet in einer inerten SiC Matrix
- Es ist wichtig die Wechselwirkung zwischen dem UC Kern und den äußeren Schichten zu verstehen

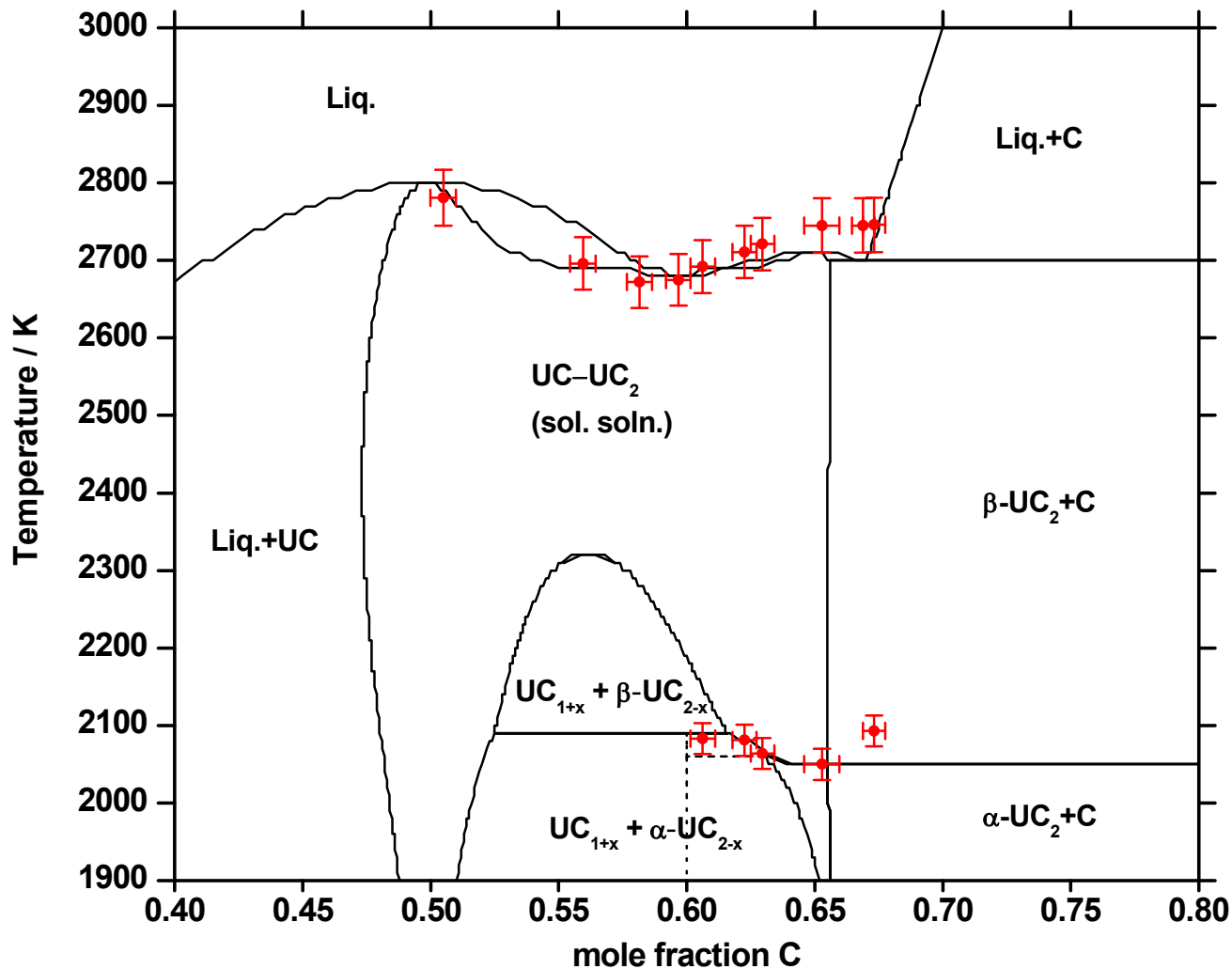


U-C Phasendiagramm

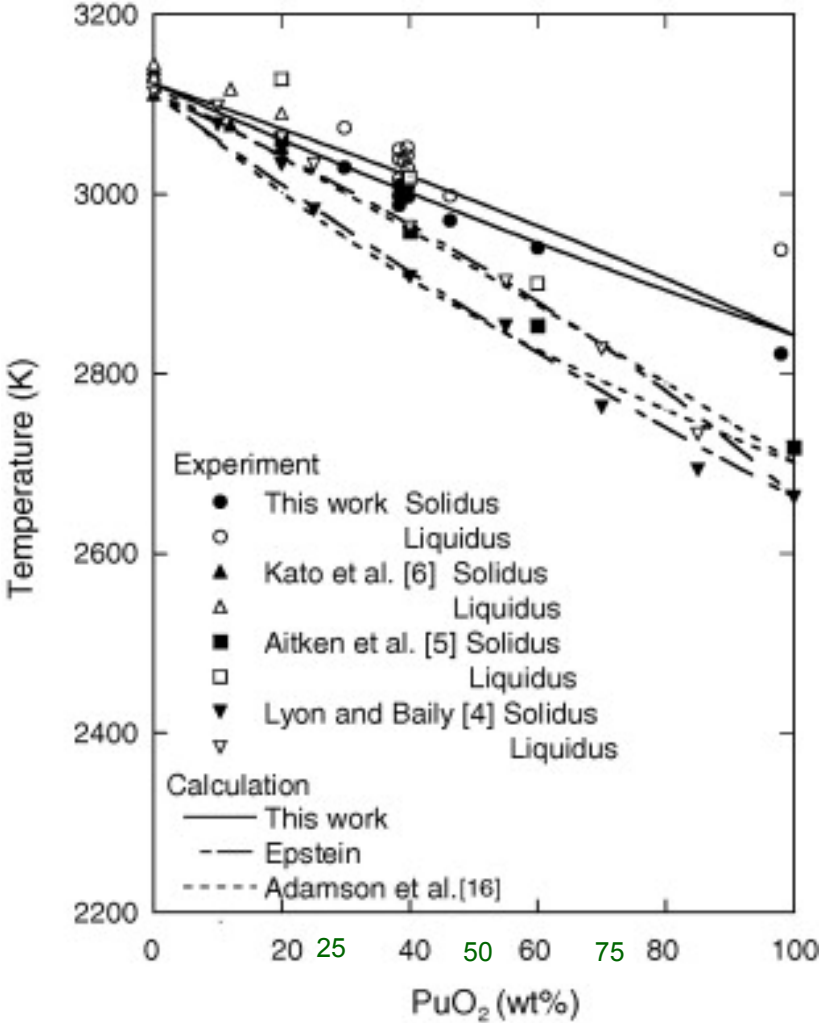


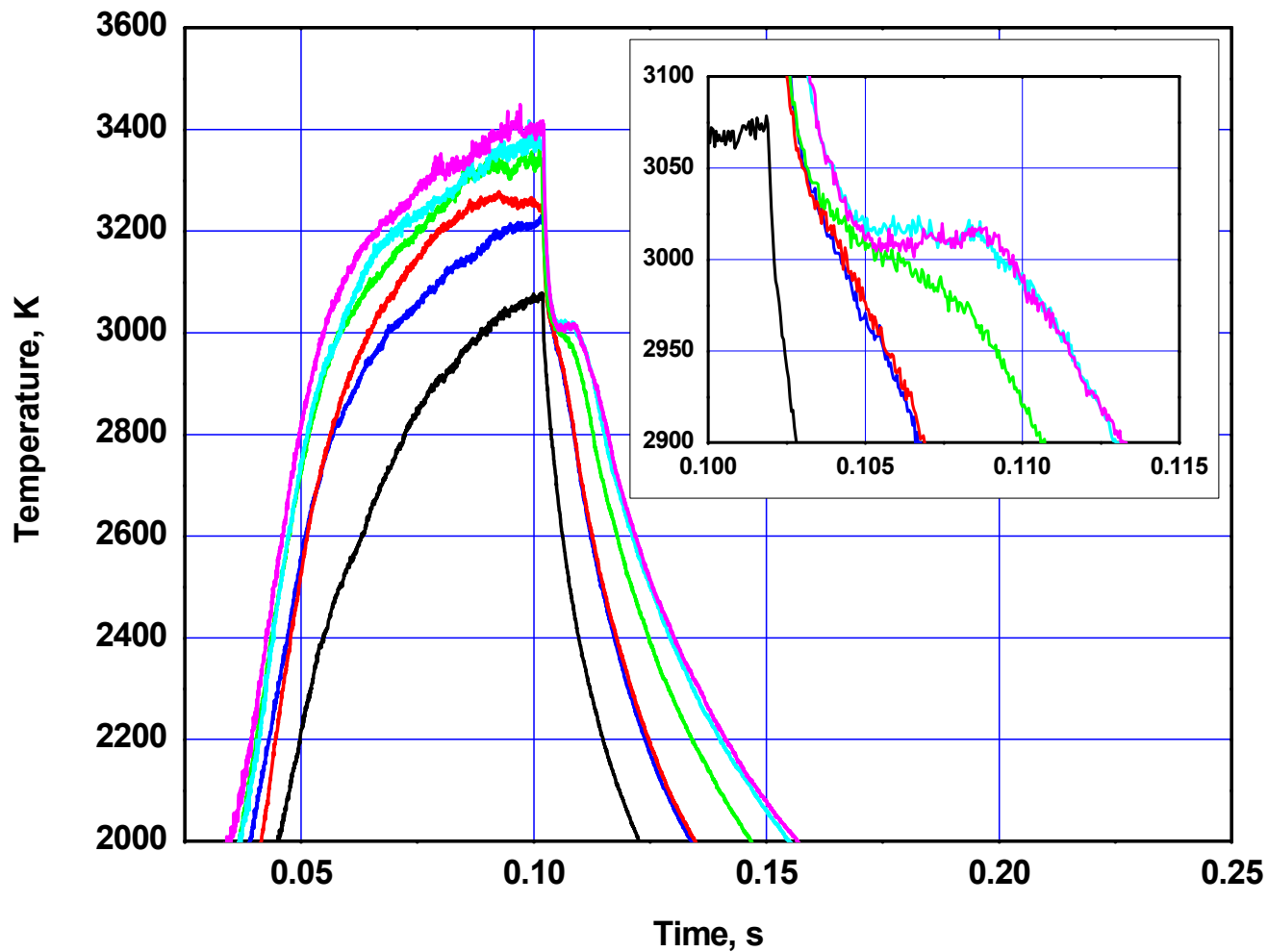


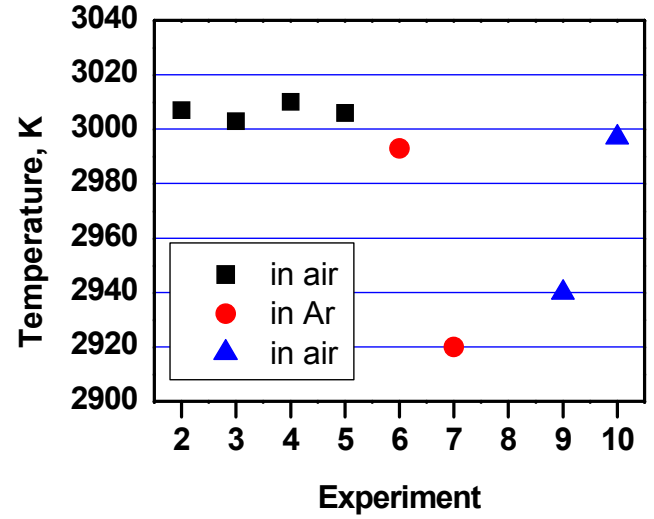
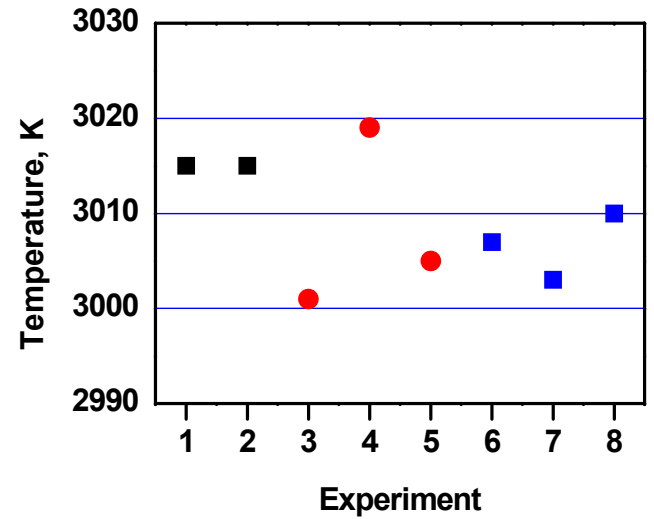
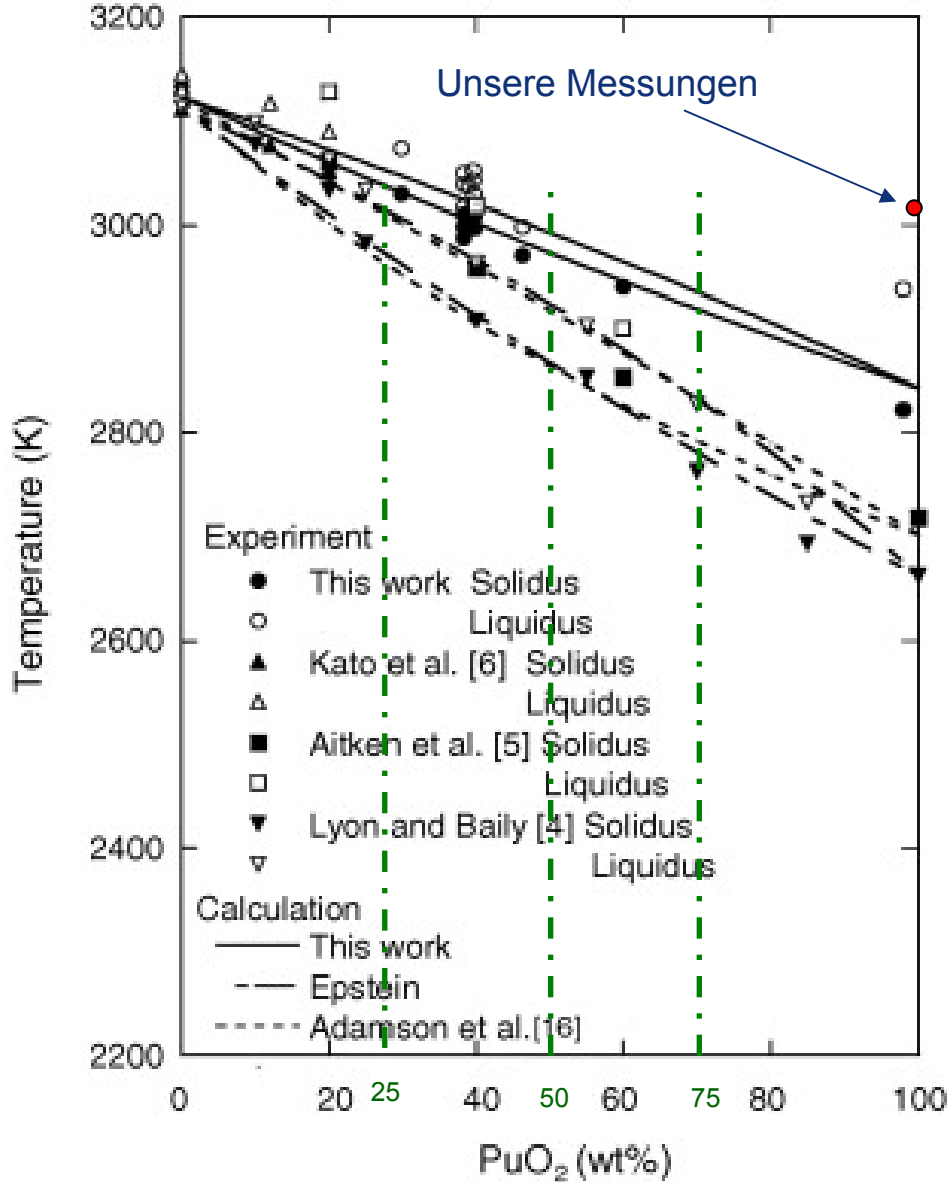




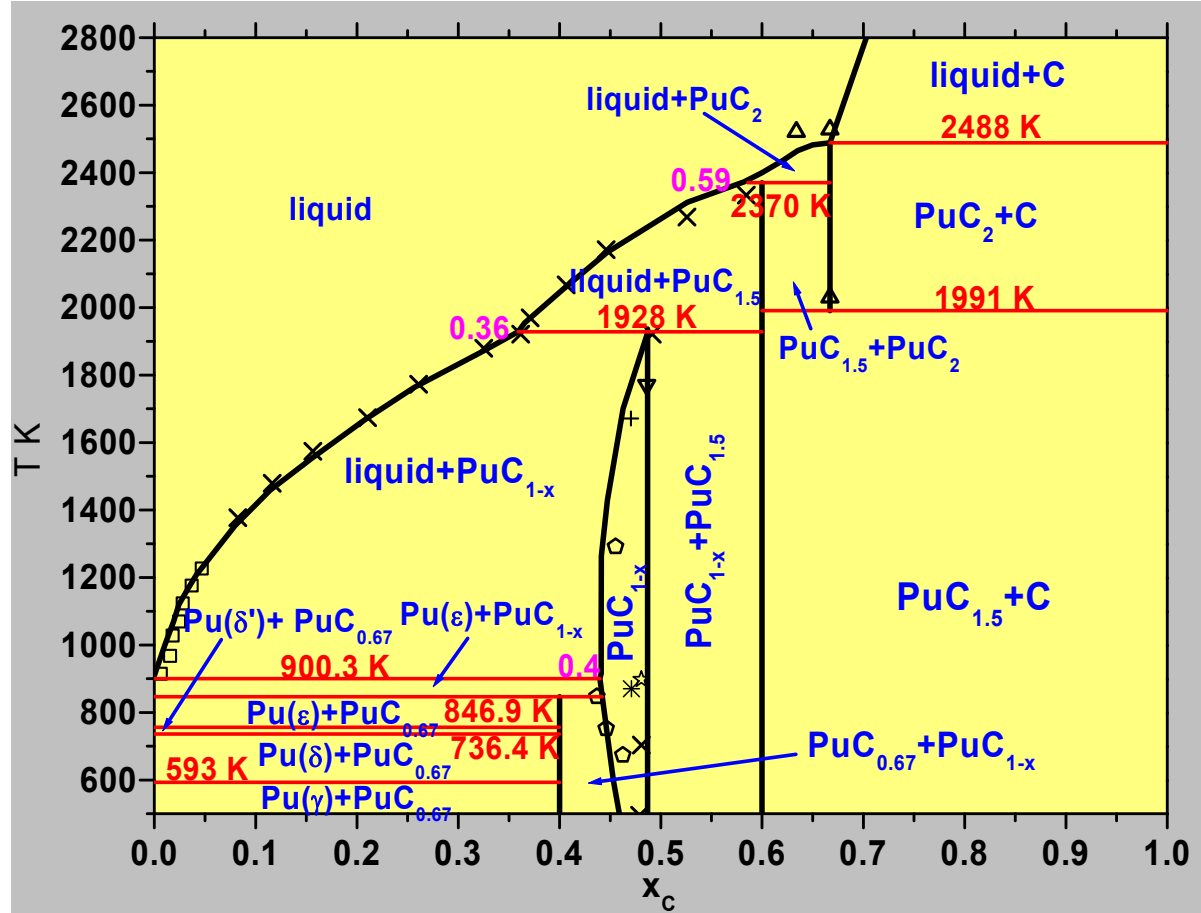
Offene Fragen was den Schmelzpunkt von PuO₂ angeht:

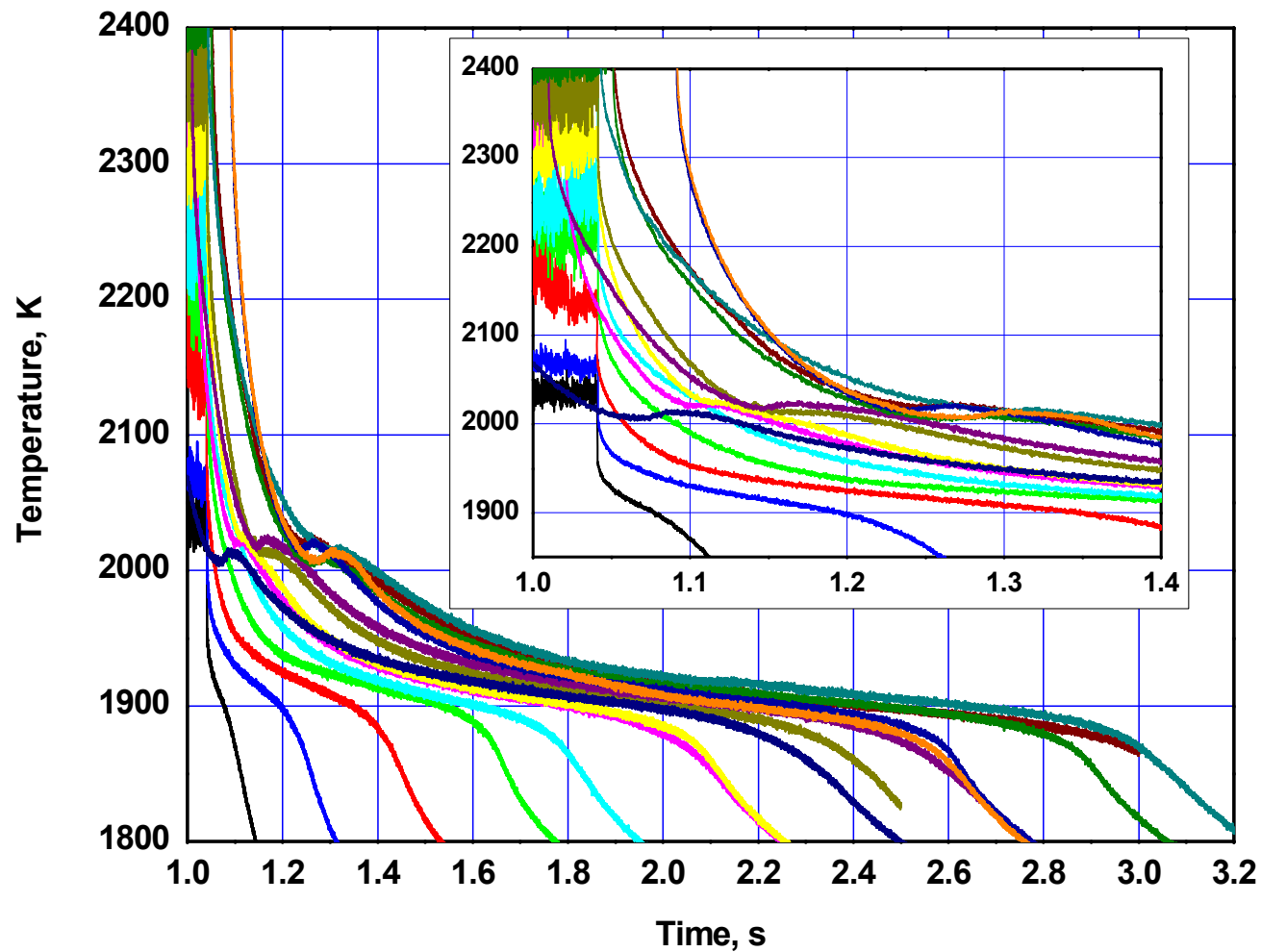






Relevant für Gen IV
und für die Modellierung
von (U,Pu)C





- Weitere Messungen an PuO_{2-x}
- Messungen an $(\text{U,Pu})\text{O}_2$ mit 25, 50, und 75 wt% PuO_2
- Weitere Messungen an PuC sowie Pu_2C_3
- Neuer Aufbau mit Hochdruckgefäß (1 kbar) im Handschuhkasten
- Messungen an $(\text{U,Pu})\text{C}$

