

Experimentierplattform für dynamische Materialprüfung - Status Quo -

K. Knopp, J. Hartmann, M. Zänglein, P. Lenski (FHWS),
J. Manara, M. Zipf, T. Stark, M. Arduini (ZAE),
E. Schreiber (KE Technologie),
U. Krüger, F. Schmidt (Techno Team Bildverarbeitung GmbH),
M. Müller (Rauschert Heinersdorf-Pressig GmbH),
M. Brunner (Netzsch Gerätebau GmbH)

FH·W-S

University of Applied Sciences
Würzburg-Schweinfurt

KE-Technologie GmbH



TechnoTeam
Bildverarbeitung GmbH

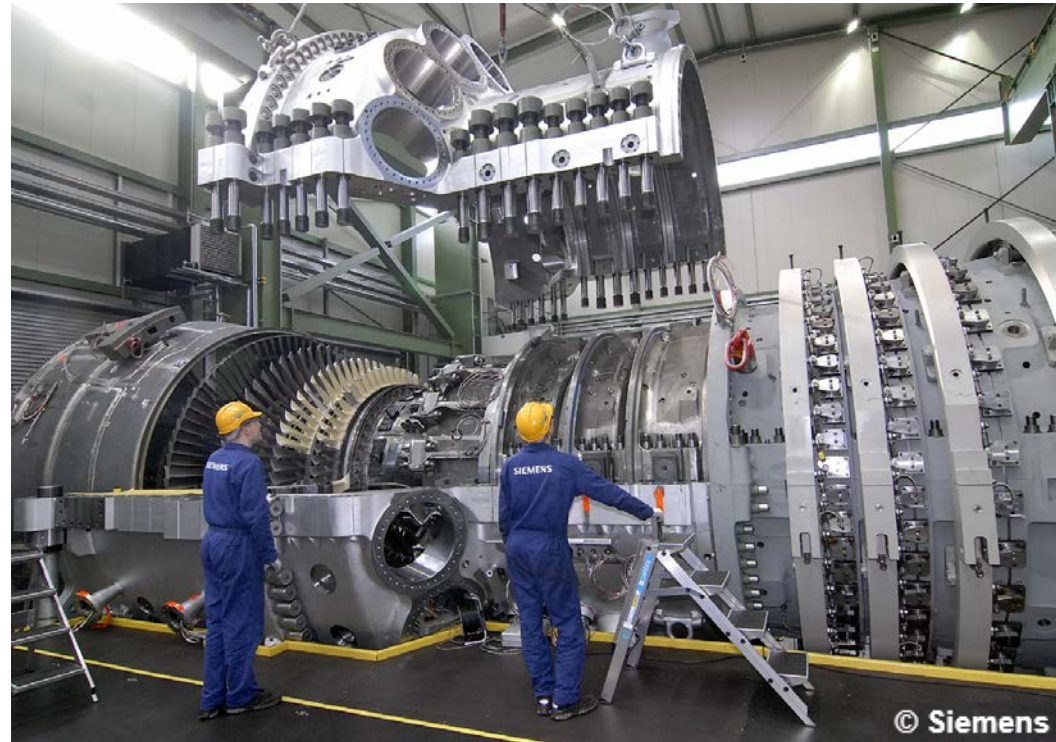
NETZSCH



ZAE BAYERN

Inhalt

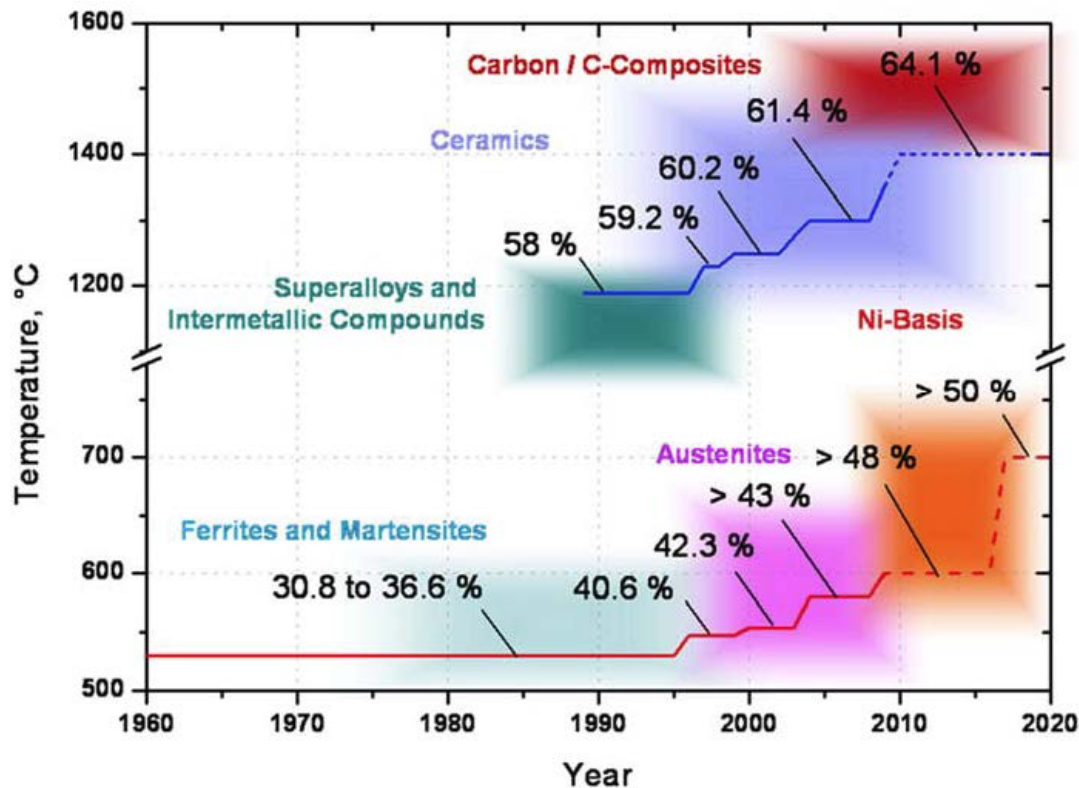
1. Motivation
2. Zielsetzung
3. Methode
4. Vorgehensweise
5. Ist-Stand



1. Motivation

übergeordnetes Ziel:

Erhöhung der Energieeffizienz in der Kraftwerkstechnik
durch Erhöhung der Prozesstemperaturen



$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_{kalt}}{T_{Hei\beta}}$$

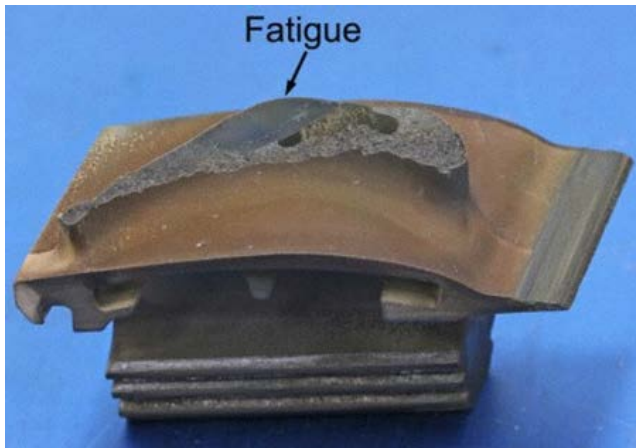


Anhebung der Betriebstemperaturen
auf ≥ 1500 °C

1. Motivation

Problematik:

- enorm hohe Betriebstemperaturen
- Extreme dynamische Temperaturwechselbeanspruchung und mechanische Kräfte

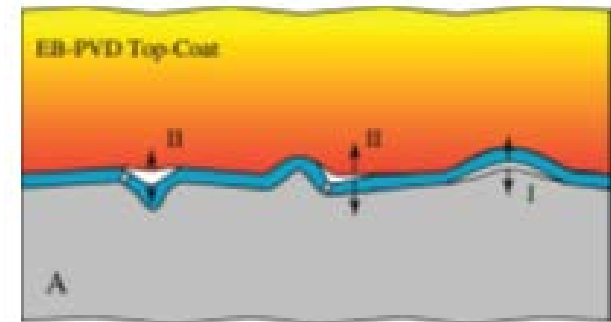
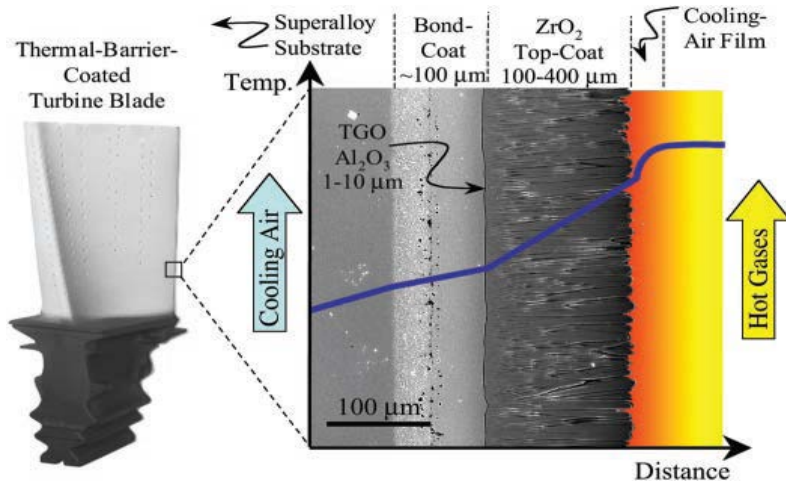


<http://avherald.com/h?article=43c55d38/0000>



Versagen der Werkstoffe/Werkstoffverbunde
Worst Case: Abreißen der Schaufelblätter

2. Zielsetzung



Nitin P. Padture, Maurice Gell und Eric H. Jordan:
Thermal Barrier Coatings for Gas-Turbine Engine
Applications, Science **296** 280-284 (2002)

Ziel: Evaluierung der Schichtdelamination/Haftung

- effizient
- nicht-invasiv
- während des Betriebs und bei der Schichtherstellung
- bildgebend
- in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen bei hohen Temperaturen

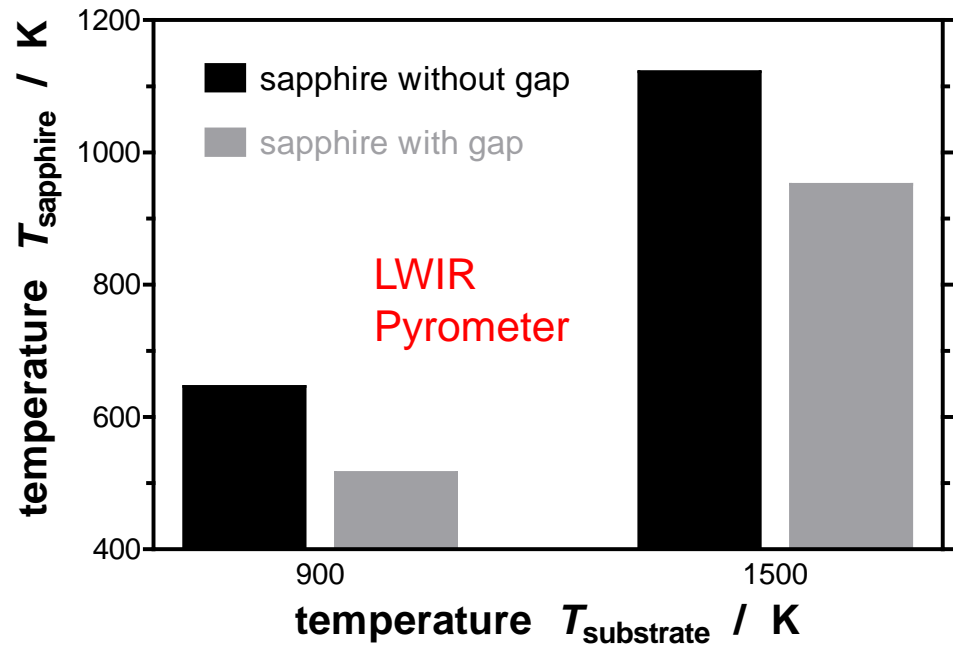
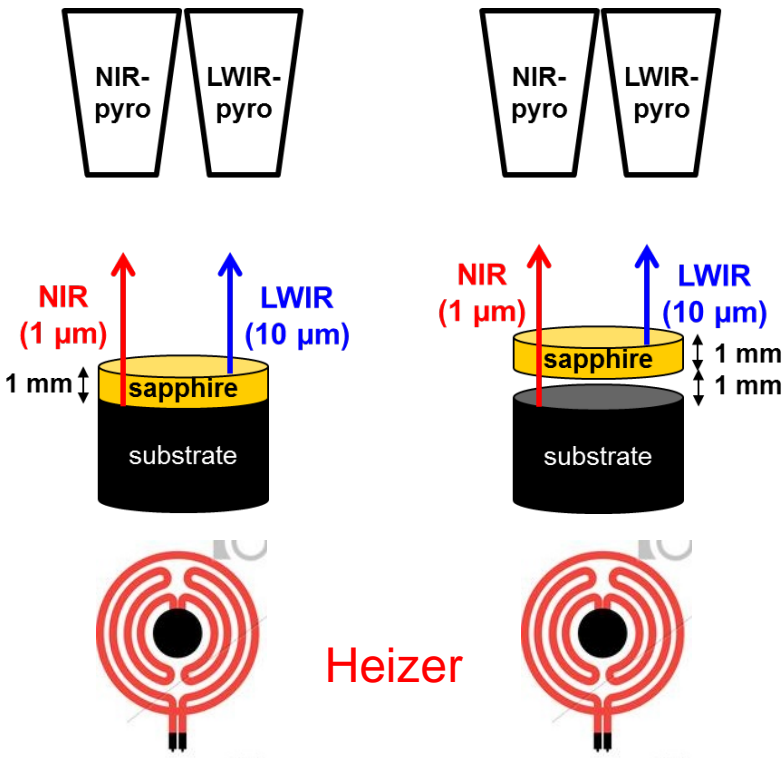
3. Methode

- Erfassung der zweidimensionalen Temperaturverteilung mittels Thermographiegeräten und Leucht- bzw. Strahldichtekameras [1]
- Ortsaufgelöste Messungen in einem weiten Wellenlängenbereich möglich
- Identifikation transparenter & nicht-transparenter Spektralbereiche der Hochleistungskeramiken
- Variation der thermischen Anregung

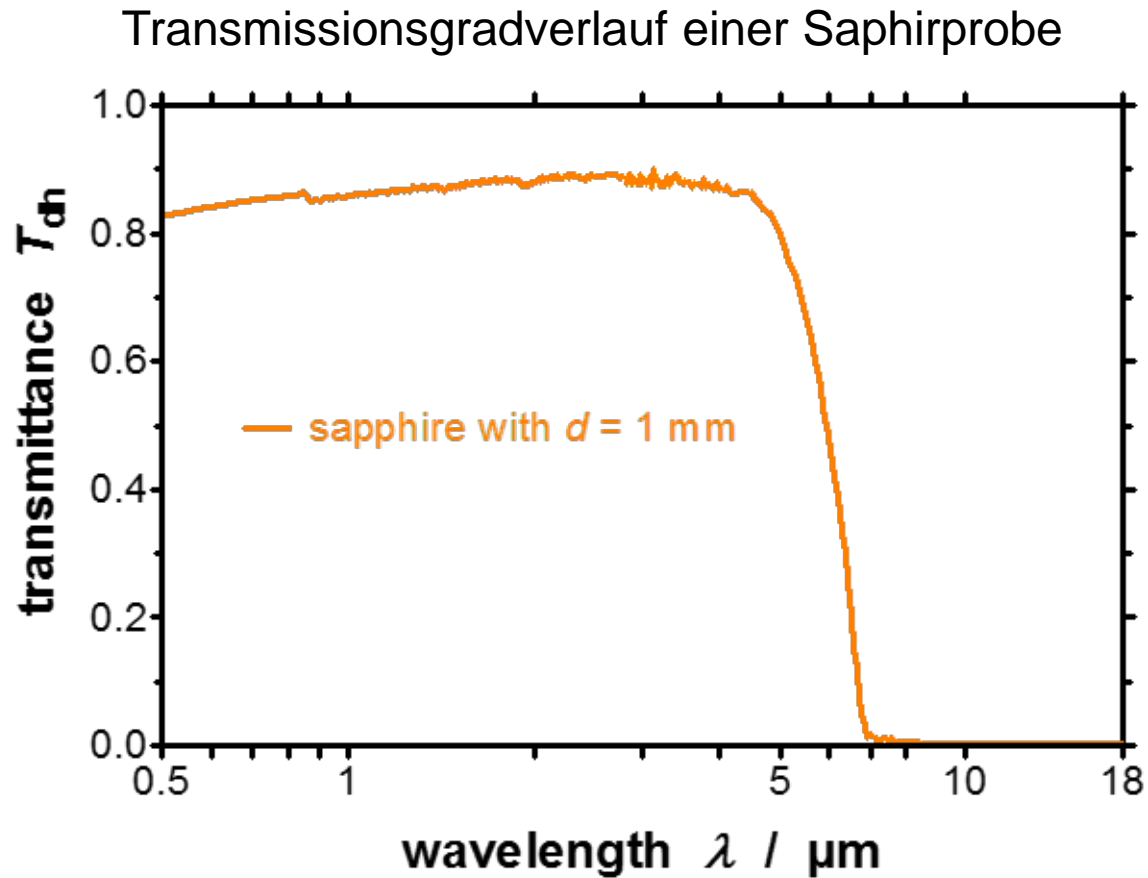
[1] M. K. Ferber, A. A. Wereszczak, M. Lance, J. A. Haynes and M. A. Antelo: Quantitative infrared thermographic nondestructive testing of thermal barrier coatings, *Journal of Materials Science* **35** 2643-2651 (2000)

3. Methode

Prinzip des Kontaktwiderstandes am Beispiel Saphir/Substrat

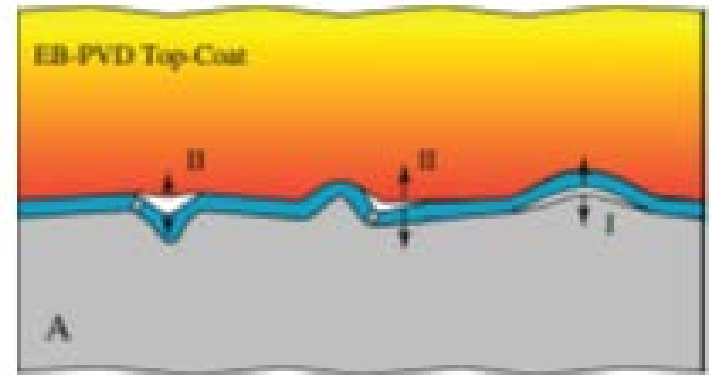
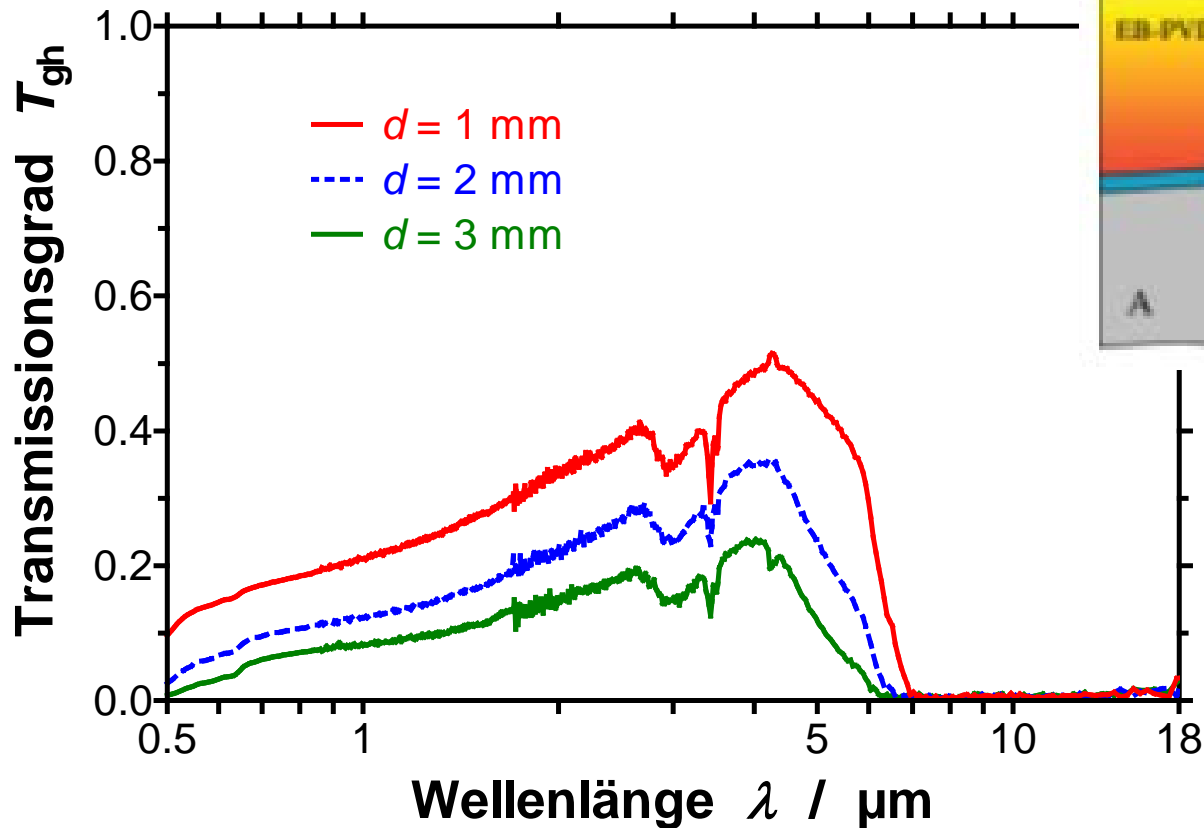


3. Methode



3. Methode

Spektraler Transmissionsgrad einer freistehenden Al_2O_3 -Keramik mit unterschiedlichen Schichtdicken

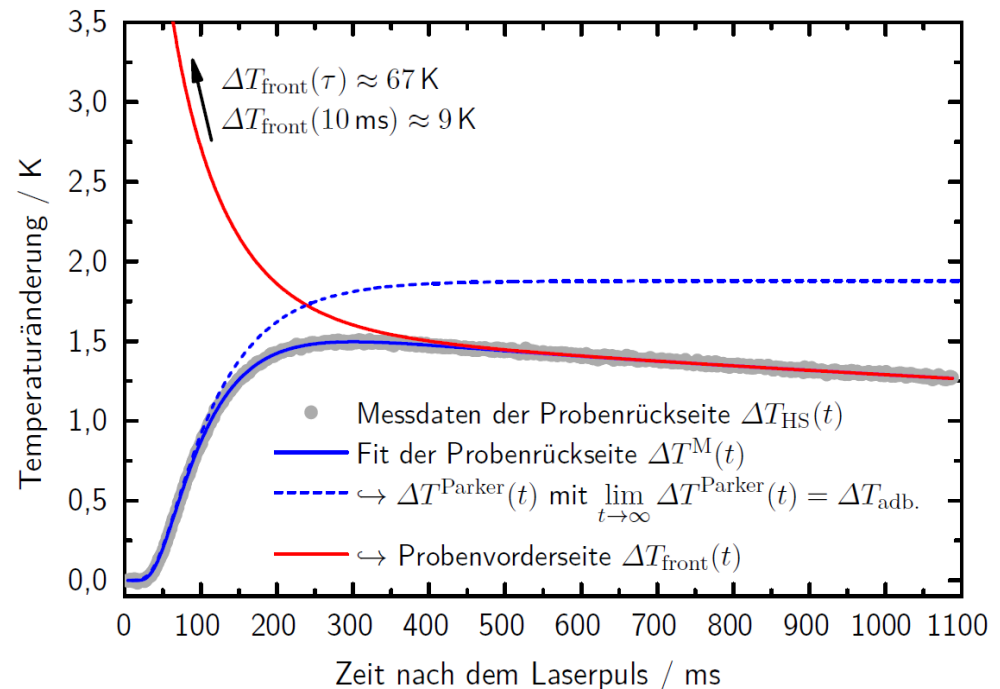
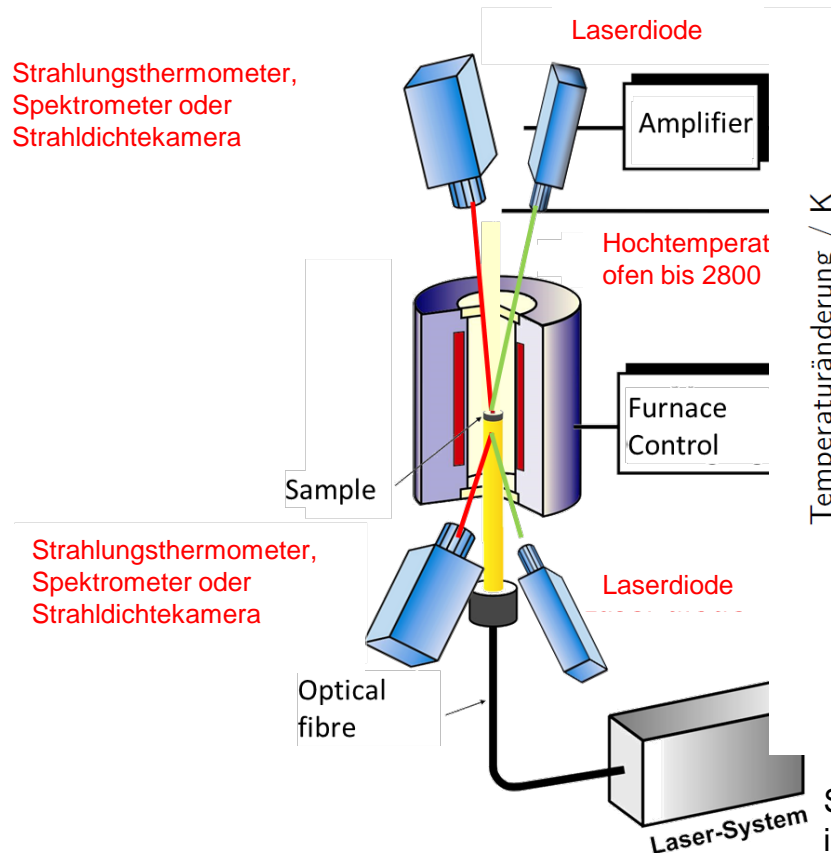


4. Realisierung

1. Spektrale Charakterisierung
2. Spektrale Kameraanpassung
3. Entwicklung der Heizmethode
4. Zusammenhang zwischen Haftung & Temperaturerhöhung
5. Charakterisierung hergestellter Wärmedämmschichten
6. Mögliche Quantifizierung der Effekte
7. Optimierung der Wärmedämmschichten

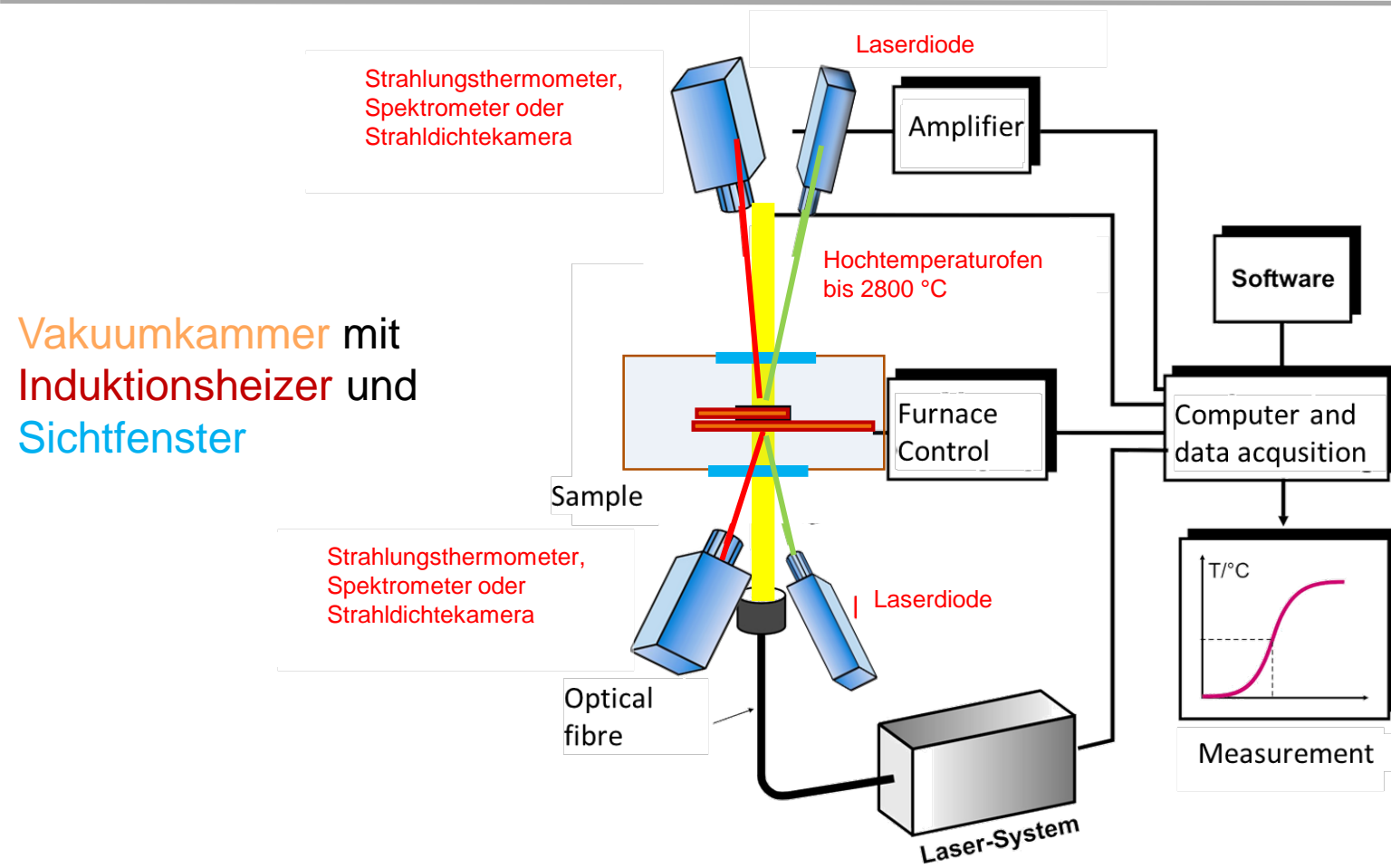
4. Realisierung

3. Entwicklung der Heizmethode



Stephan Krenek: Dynamische Emissionsgradmessung im Hochtemperaturbereich, PTB Bericht Th-8, ISSN 1614-9327, ISBN 978-3-95606-287-2

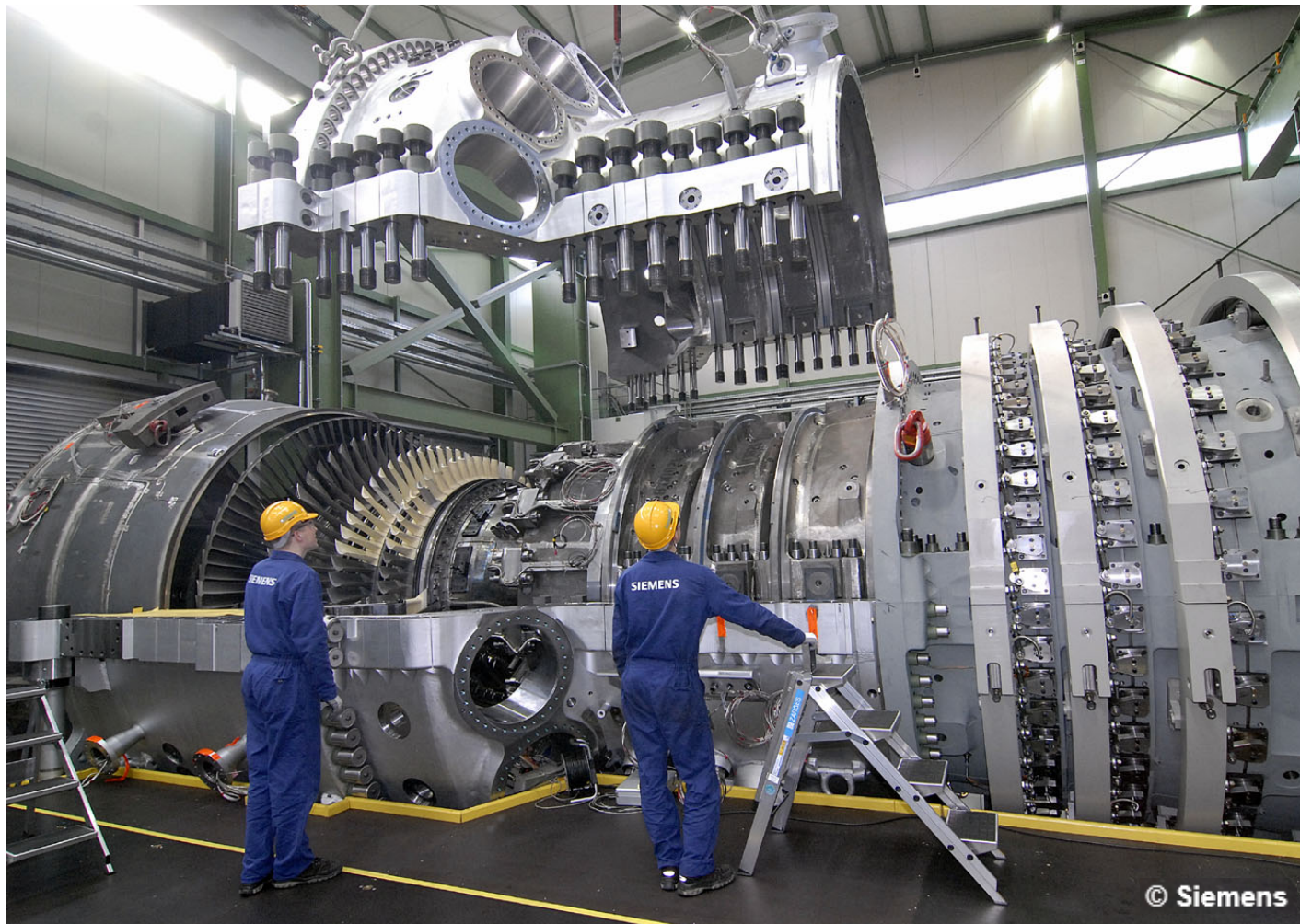
4. Realisierung



4. Realisierung

1. Spektrale Charakterisierung
2. Spektrale Kameraanpassung
3. Entwicklung der Heizmethode
4. Zusammenhang zwischen Haftung & Temperaturerhöhung
5. Charakterisierung hergestellter Wärmedämmschichten
6. Mögliche Quantifizierung der Effekte
7. Optimierung der Wärmedämmschichten

4. Realisierung

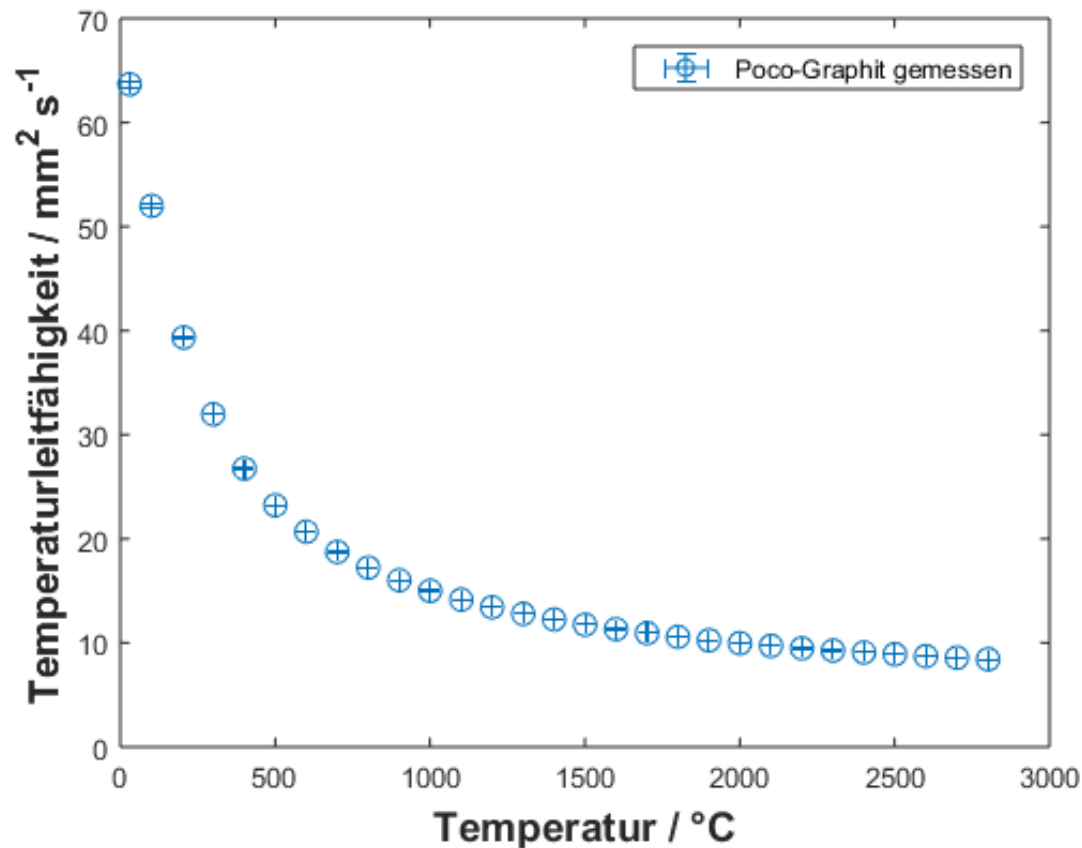


5. Ist-Stand

- Spektrale Charakterisierung ausgewählter Oxidkeramiken
- Anschaffung der Messtechnik
- Beschaffung & Inbetriebnahme der Laser-Flash-Apparatur
- Laboraufbau
- Einarbeitung in die LFA sowie in die Simulationssoftware FlexPDE
- Erste Messungen der Schichtsysteme
- Implementierung der Messung der Vorderseitentemperatur
- Erste einfache Überlegungen zur Modellierung der Kontaktwiderständen und Delamination

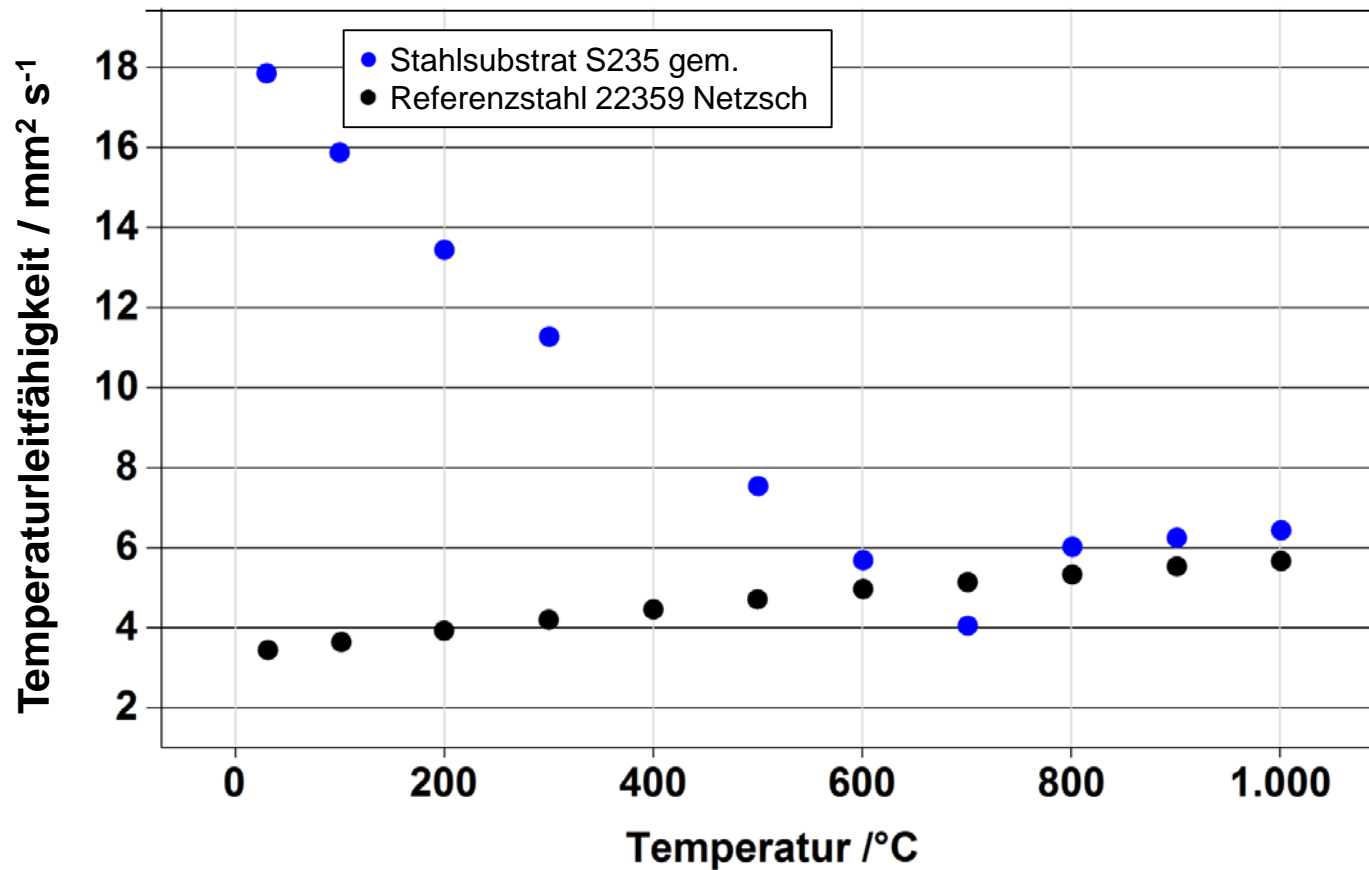
5. Ist-Stand

Messung der Temperaturleitfähigkeit der Referenzprobe Poco-Graphit

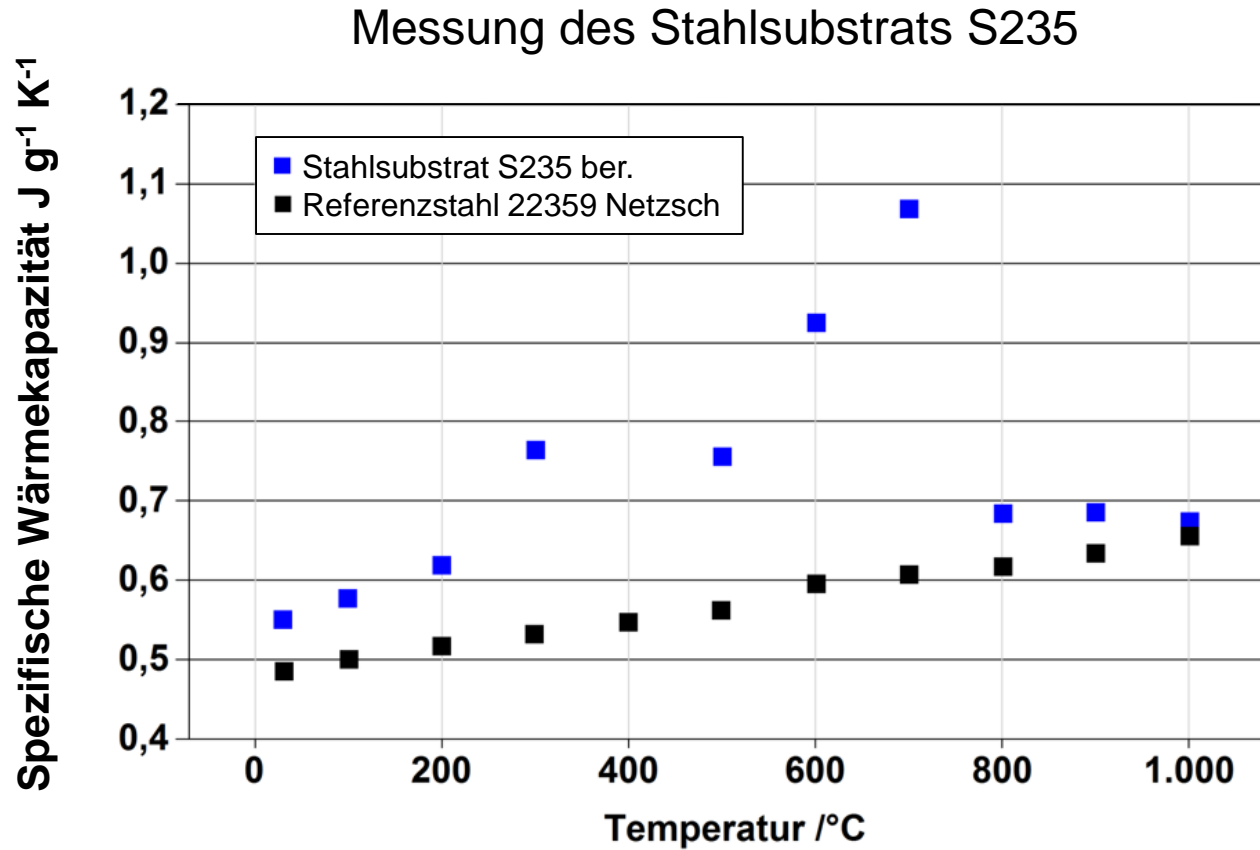


5. Ist-Stand

Messung des Stahlsubstrats S235

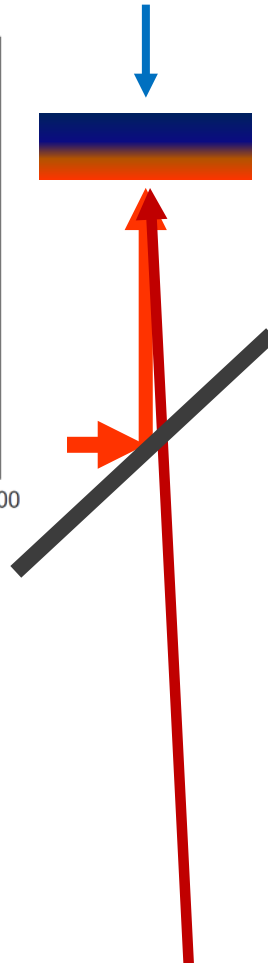
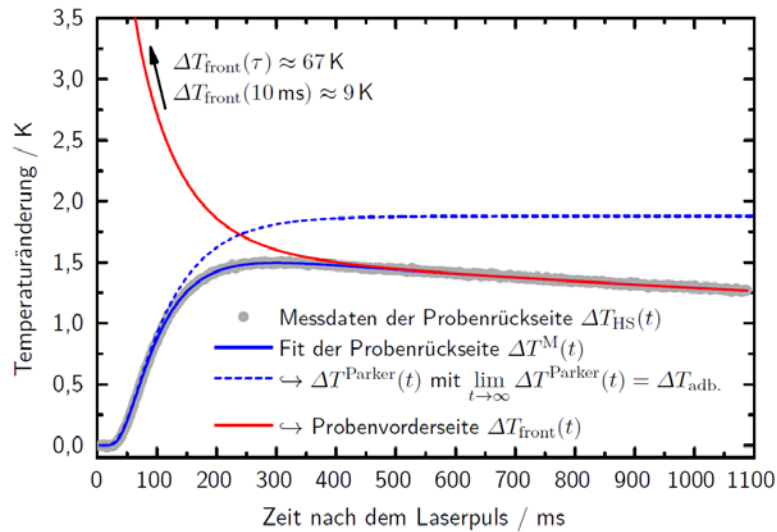


5. Ist-Stand



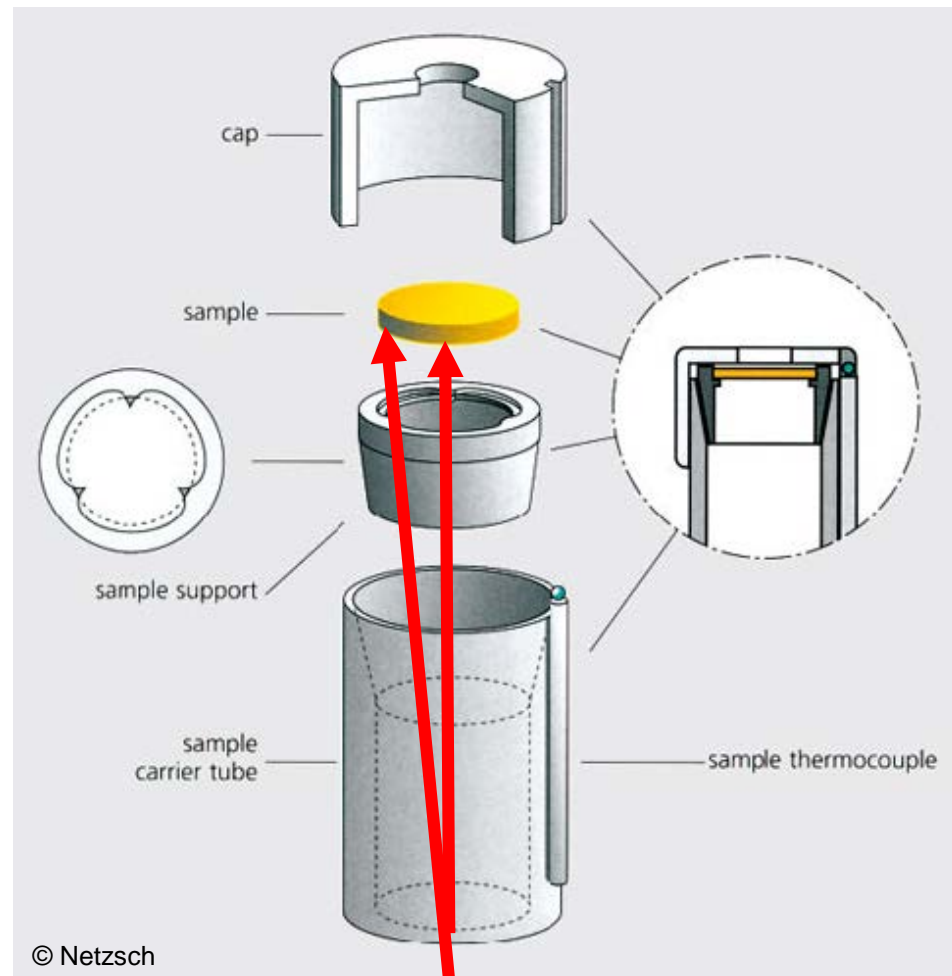
5. Ist-Stand

Einbau eines Strahlungsthermometers zur Vorderseitendetektion

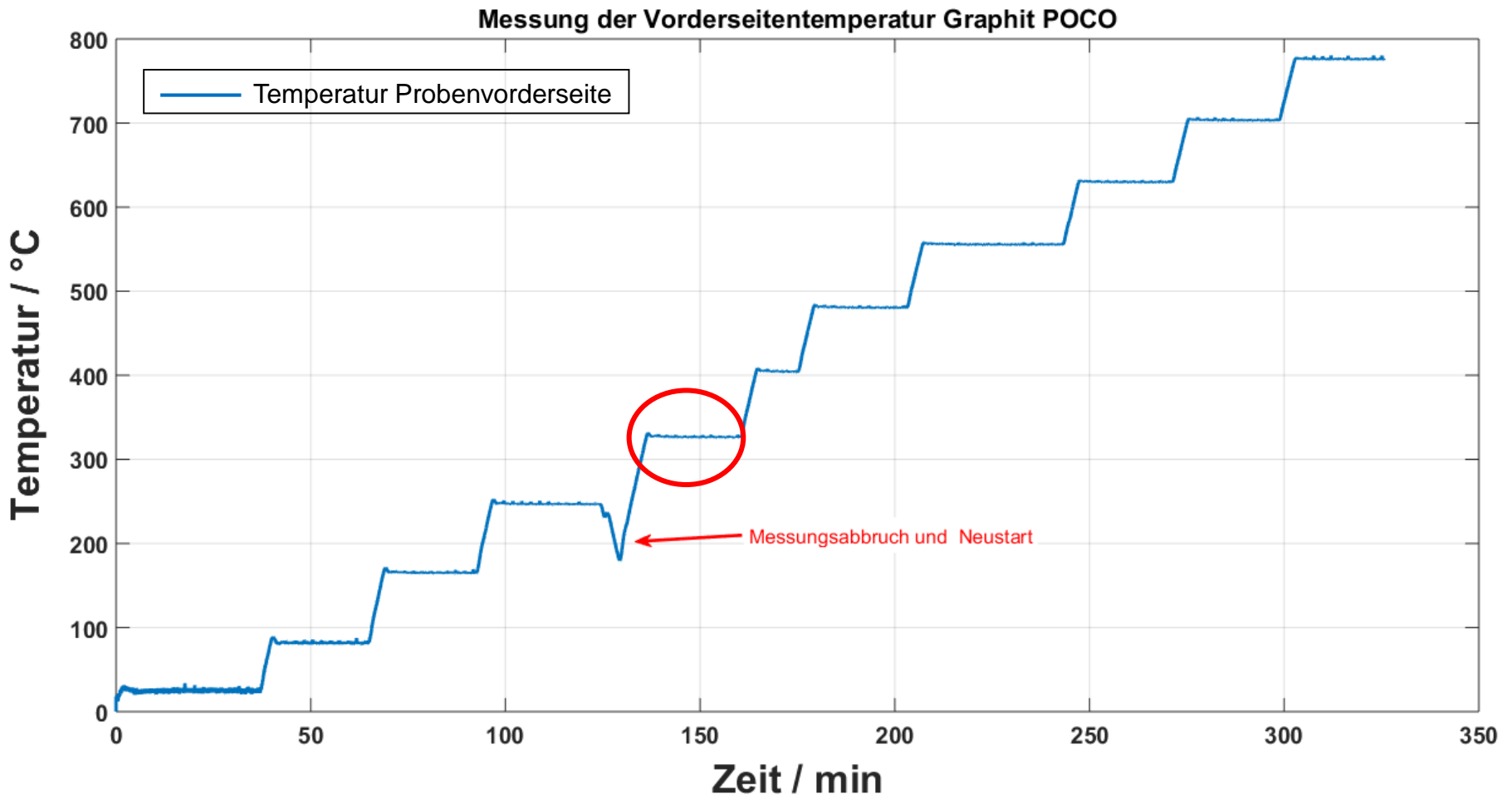


5. Ist-Stand

Probenhalter

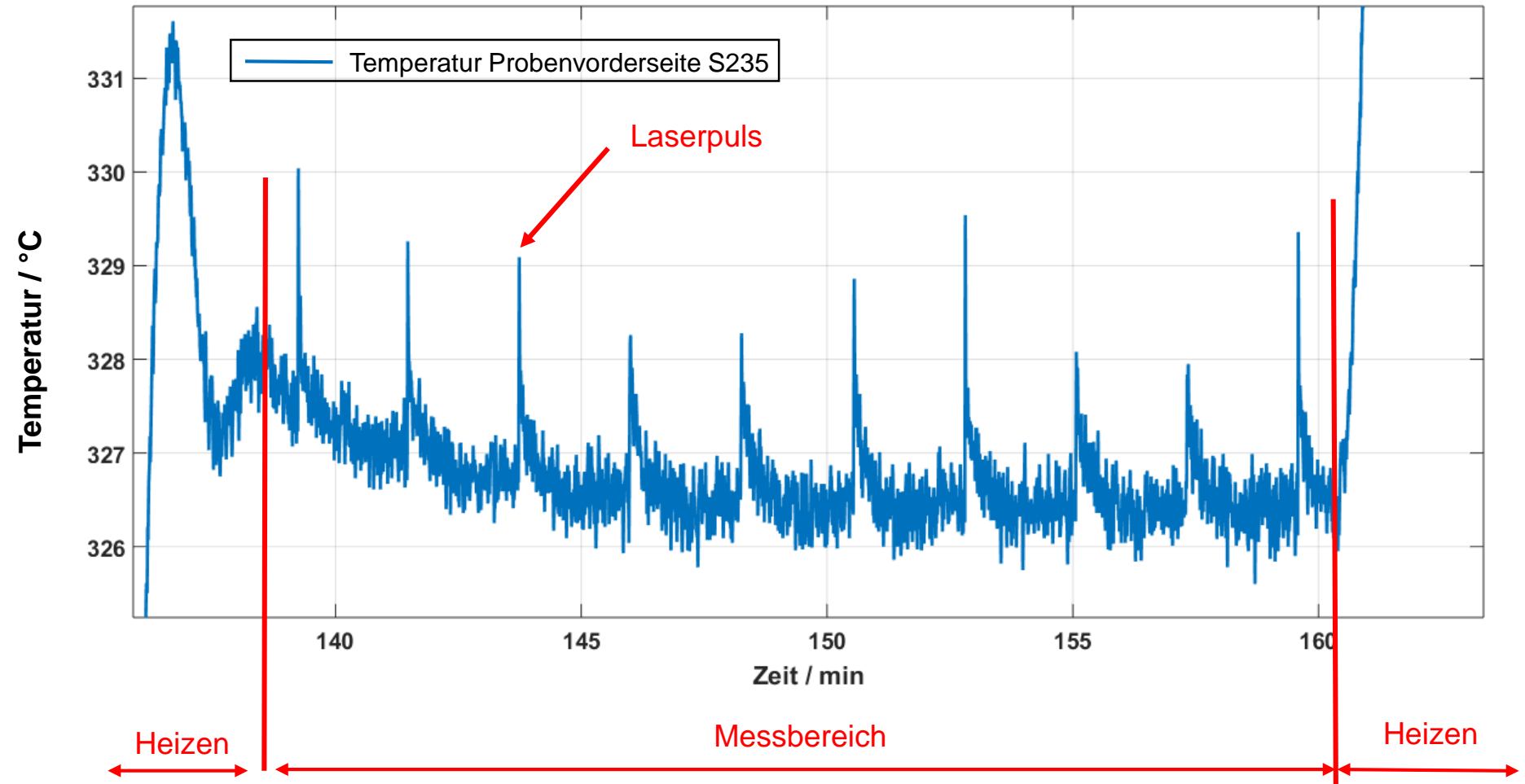


5. Ist-Stand



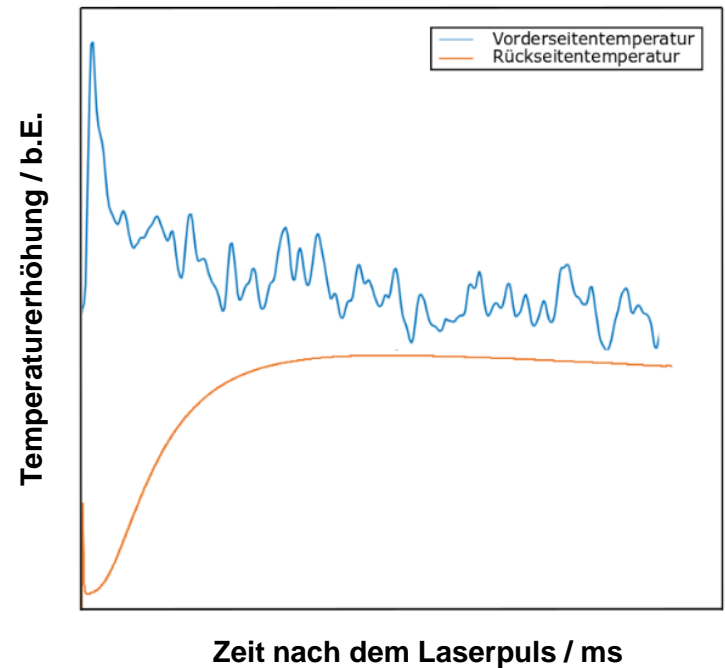
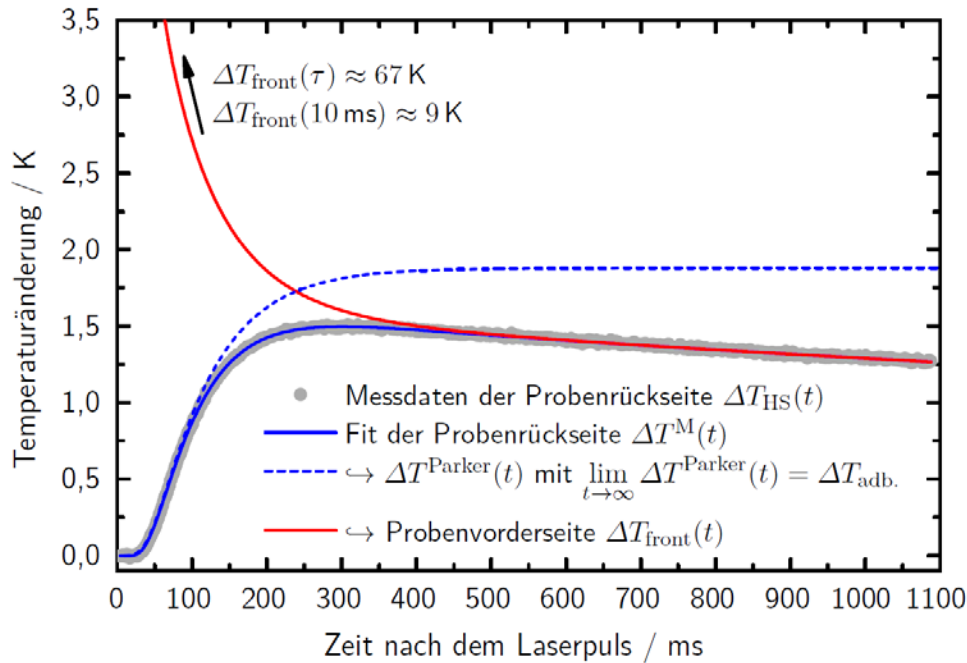
5. Ist-Stand

Messung der Temperatur auf Probenvorderseite Poco-Graphit



5. Ist-Stand

Temperaturverlauf auf Probenvorder- und Rückseite



Theoretische Berechnung Dr. Krenek, PTB

Messkurven

Folienübersicht

F3, F4	Übergeordnetes Ziel, Problematik
F5	Evaluierung der Schichtdelamination/Schichthaftung
F6	Methode
F7-F9	Prinzip des thermischen Kontaktwiderstands, spektraler Transmissionsgrad Al_2O_3
F10	Realisierung
F11-F12	Heizmethode
F15	Ist-Stand
F16	Temperaturleitfähigkeit Poco-Graphit
F17-F18	Temperaturleitfähigkeit, spez. Wärme Stahl S235, Referenzstahl 22359 Netzsch
F19, F20	Implementiertes Strahlungsthermometer, Probenhalter
F21 – F23	Temperaturverlauf auf Probenvorderseite