

Konzept und Aufbau einer Laser Flash Technik zur Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit dünner Schichten

Gemeinsames Entwicklungsprojekt: Linseis GmbH - KIT

M. Rohde, I. Südmeyer, IAM-AWP

Institut für angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik (IAM-AWP), Thermophysik und Thermodynamik

Linseis GmbH

C. Linseis

F. Linseis

H. Rädtel

Aprosoft GmbH

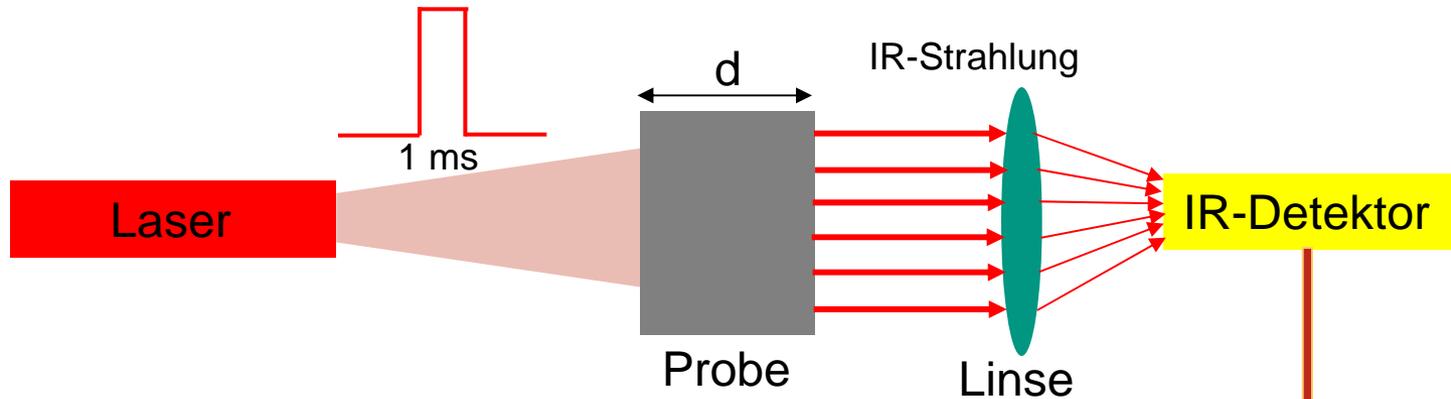
L. Dusza

KIT

D. Gaede

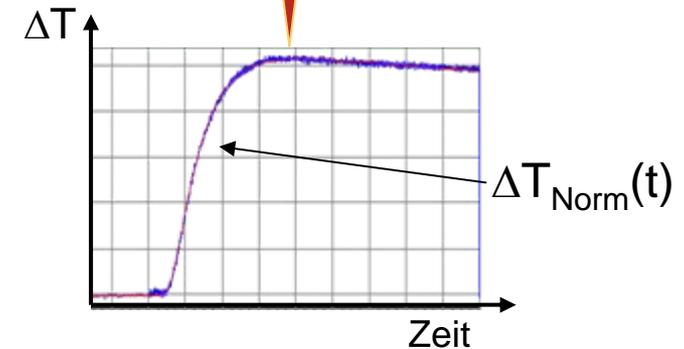
P. Lukits

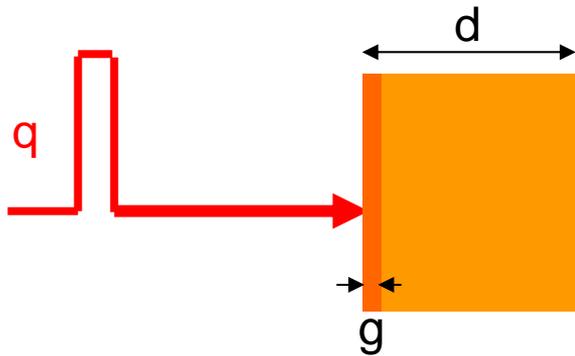
- Messmethode zur Messung der Temperaturleitfähigkeit
- Wichtige Messgrößen: Temperatur-Zeitverlauf und Probendicke
- Großer Einsatzbereich: Feststoffe, Flüssigkeiten
- Temperaturbereich: -200 bis 2000 °C
- Messbereich über 4 Größenordnungen: 10^{-7} bis 10^{-3} m²/s
- Wärmeleitfähigkeit kann aus Temperaturleitfähigkeit berechnet werden



- Vorteile:
- Relativ einfacher Aufbau
 - kurze Messzeiten
 - „kontaktlose“ Messungen
 - Messwert wird bestimmt durch d_{Probe} und $\Delta T_{\text{Norm}}(t)$

- Grenzen:
- „dünne“ Proben
 - Dünnschichtsysteme





Wärmepuls wird an der Oberfläche absorbiert

$$T(x, t = 0) = \frac{q}{\rho \cdot c \cdot g} \quad \text{für } 0 < x < g$$

$$T(x, t = 0) = 0 \quad \text{für } g < x < d$$

Temperatur an der Rückseite ($x = d$):

$$T(d, t) = \frac{q}{\rho \cdot c \cdot d} \cdot \left\{ 1 + 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot \exp \left[\frac{-n^2 \pi^2}{d^2} \cdot \alpha \cdot t \right] \right\}$$

Maximale Temperatur:

$$T_{L_{\max}} = \frac{q}{\rho \cdot c \cdot d}$$

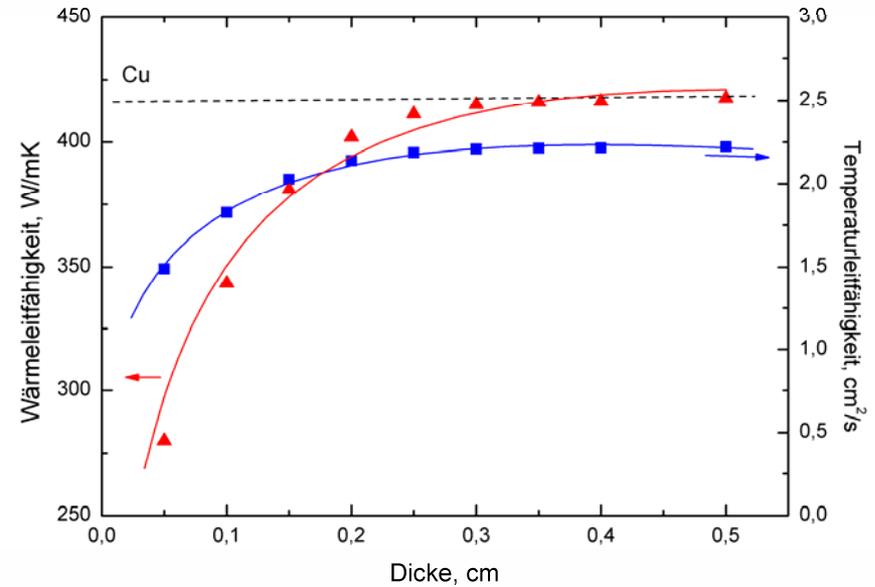
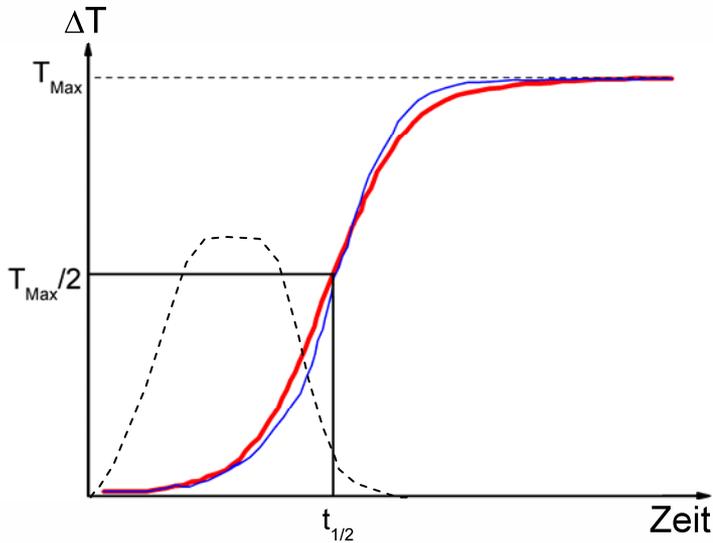
Normierung:

$$T_{\text{Norm}} = \frac{T(d, t)}{T_{L_{\max}}} \cdot \left\{ 1 + 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot \exp \left[\frac{-n^2 \pi^2}{d^2} \cdot \alpha \cdot t \right] \right\}$$

Temperaturleitfähigkeit:

$$\alpha = \frac{k_x \cdot d^2}{t_x}$$

Einfluss der endlichen Pulsdauer :

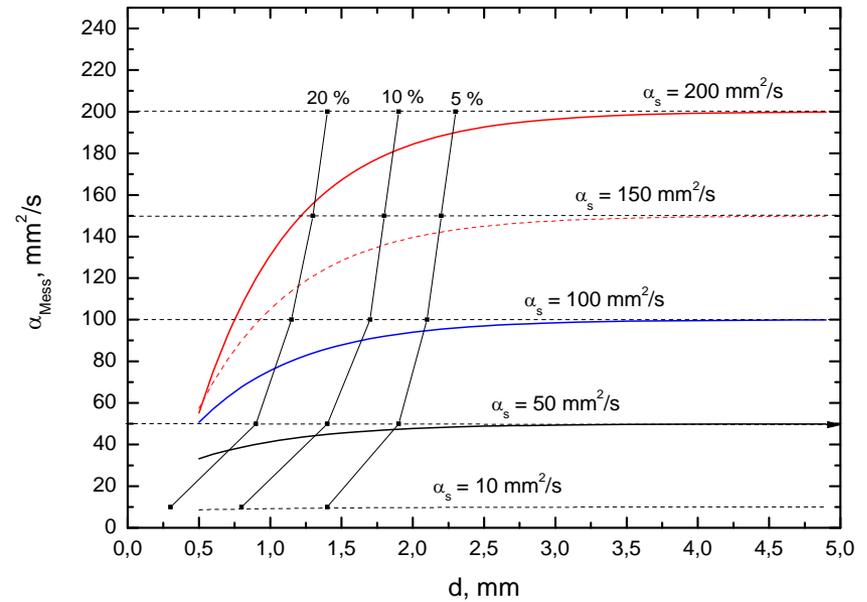
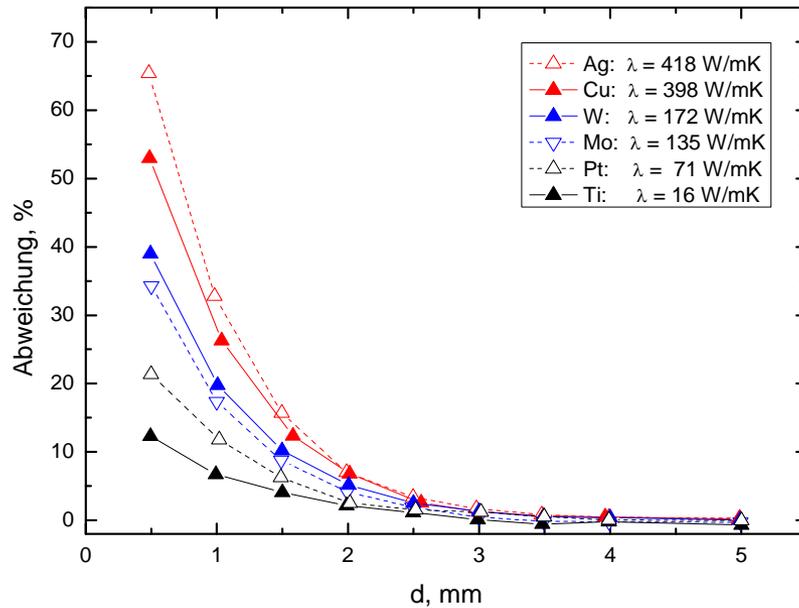


Endliche Pulsdauer:



Laserpuls überlagert Temperaturanstieg

Abweichungen in „dünnen“ Proben

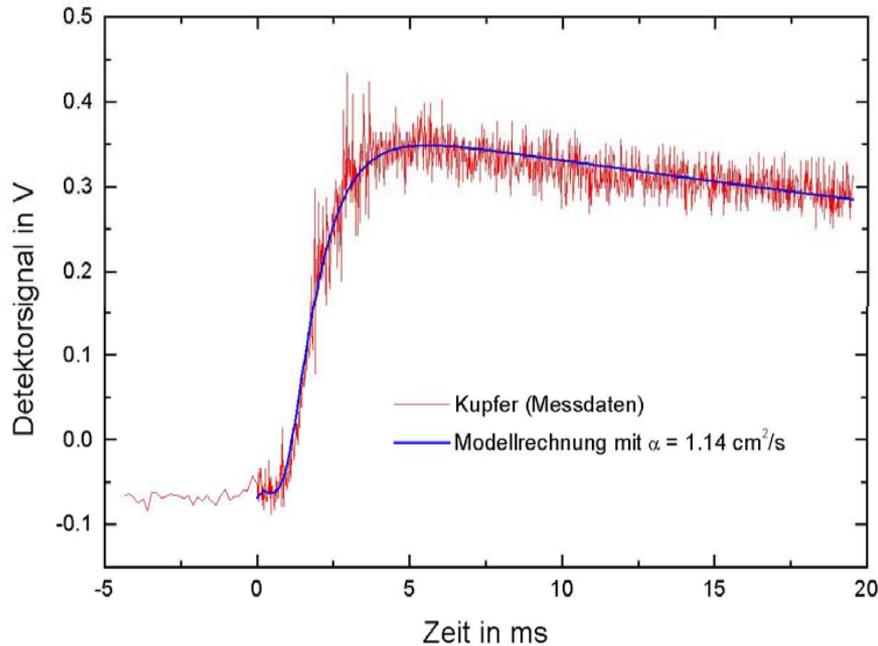


Messwert: $\alpha_m = \alpha_s - c_1 \cdot \alpha_s^{b_1 - b_2 \cdot d} \cdot e^{-0.9 \cdot d}$

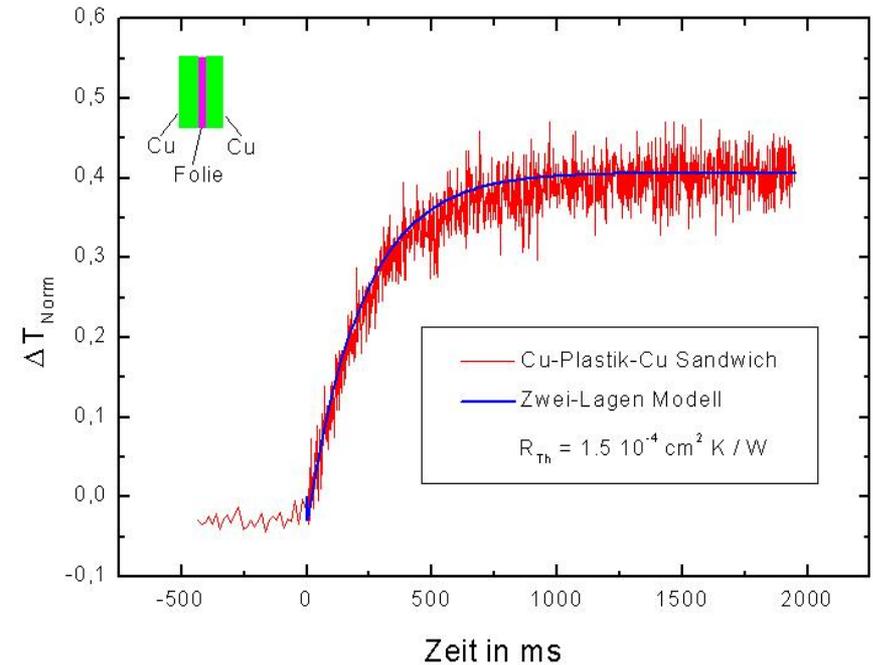
mit $c_1 = 0.06$, $b_1 = 1.61$, $b_2 = 0.11$

α_s = „wahrer“ Probenwert, d = Probendicke

Schoderböck et. al., Int. J. Thermophys. (2009)



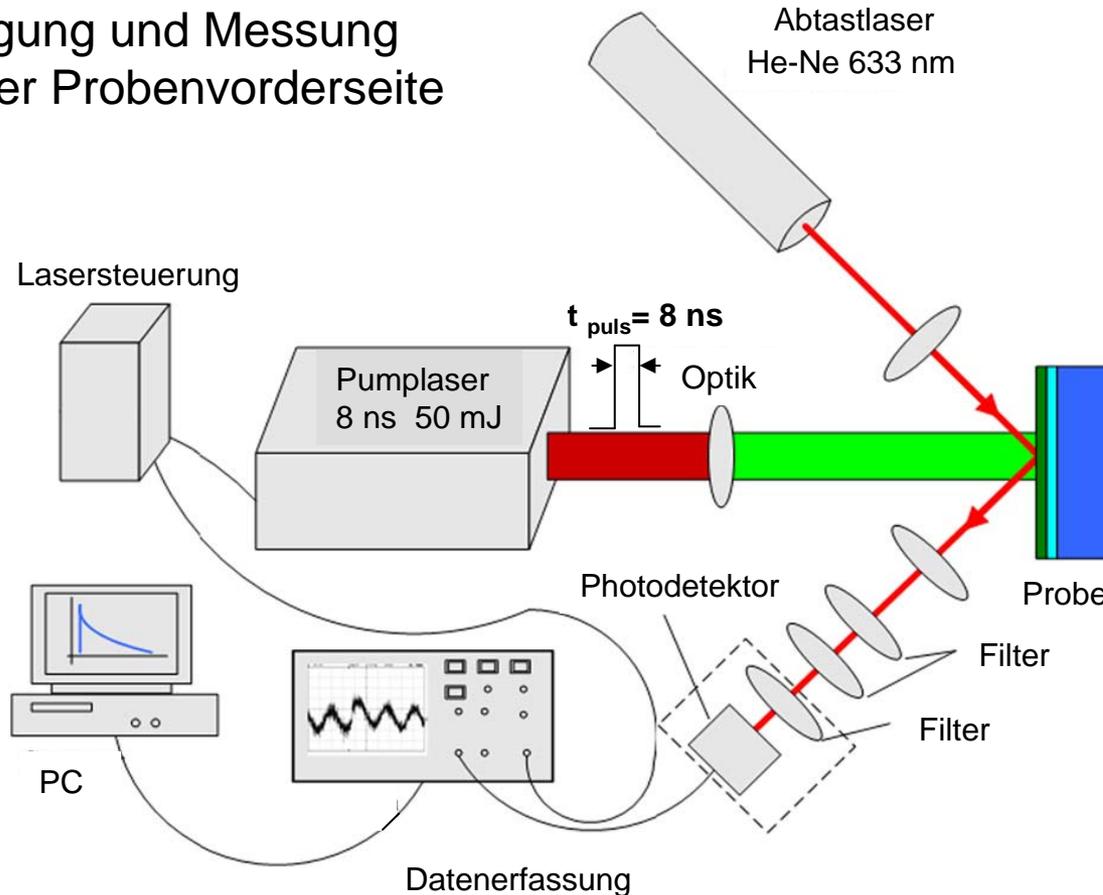
Kupfer $d = 1.2 \text{ mm}$
(mit Finite Pulse Time Correction)



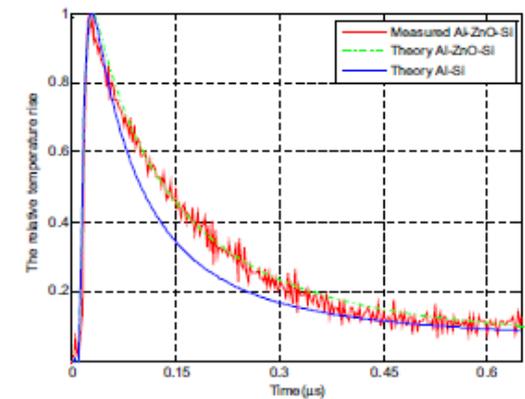
Kupfer-Polymer-Kupfer Sandwich
(2-Lagen Modell mit Kontaktwiderstand)

L. Dusza, Dissertation, TH Karlsruhe, 1996

Anregung und Messung auf der Probenvorderseite

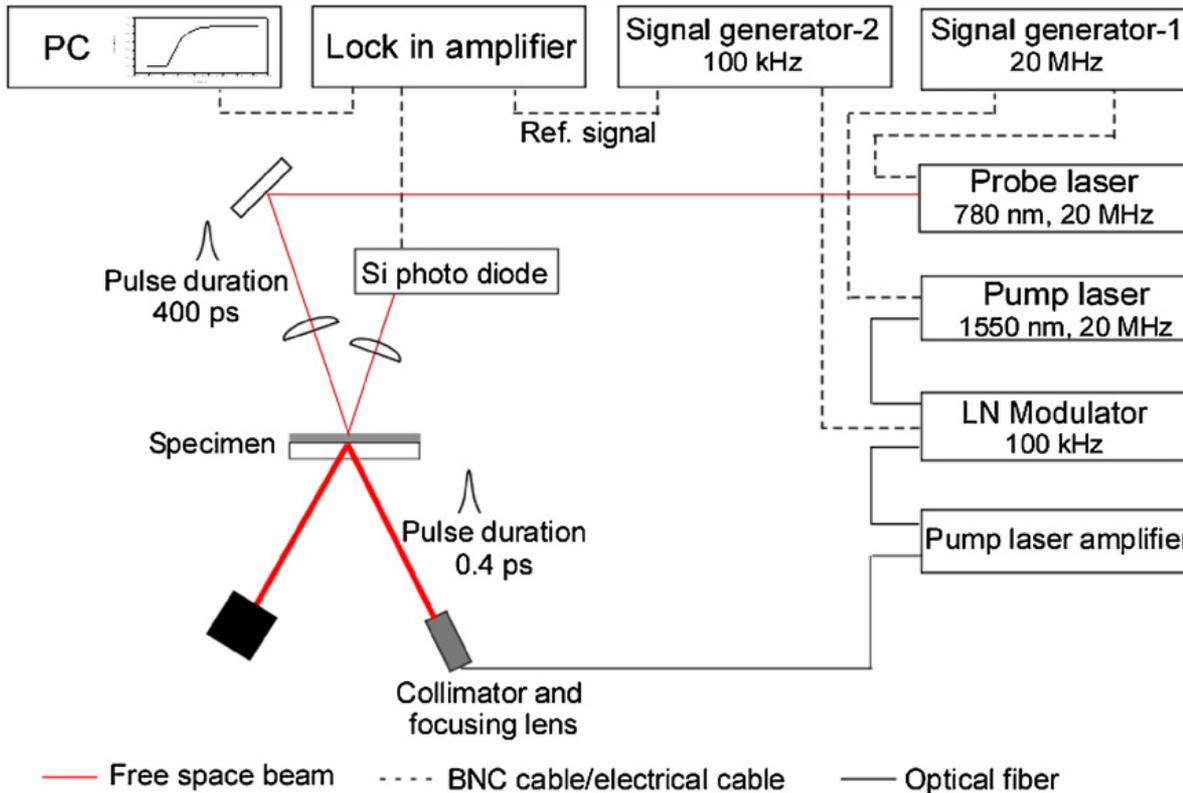


Messsignal:

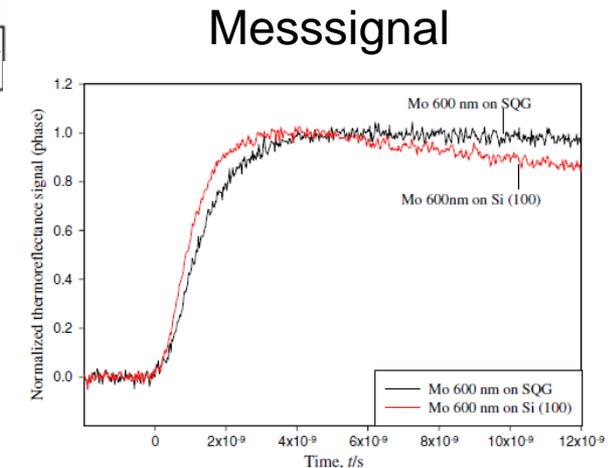


Z.X. Huang et. al. Physica B 406 (2011)

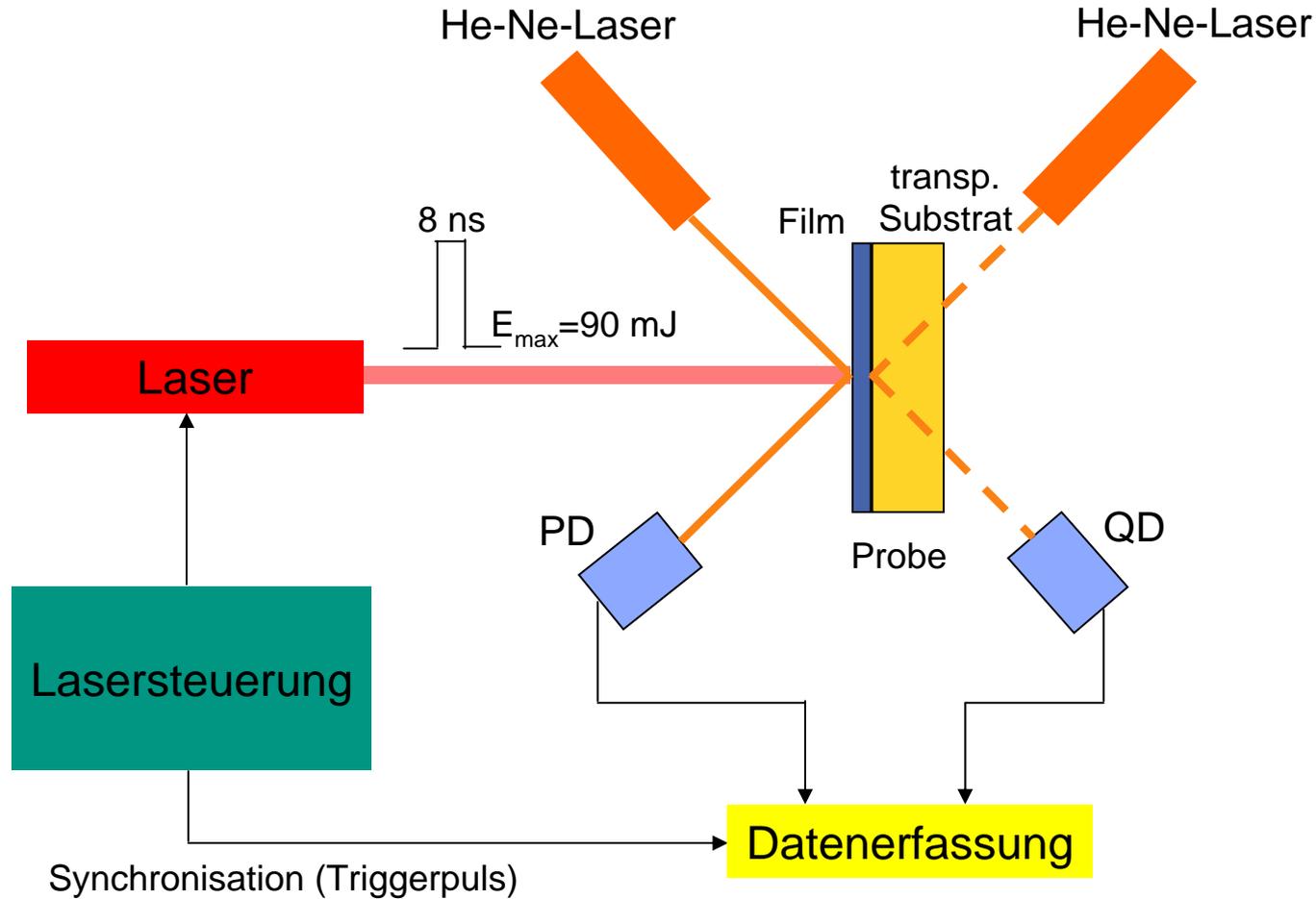
Anregung auf der Vorderseite – Messung auf der Rückseite



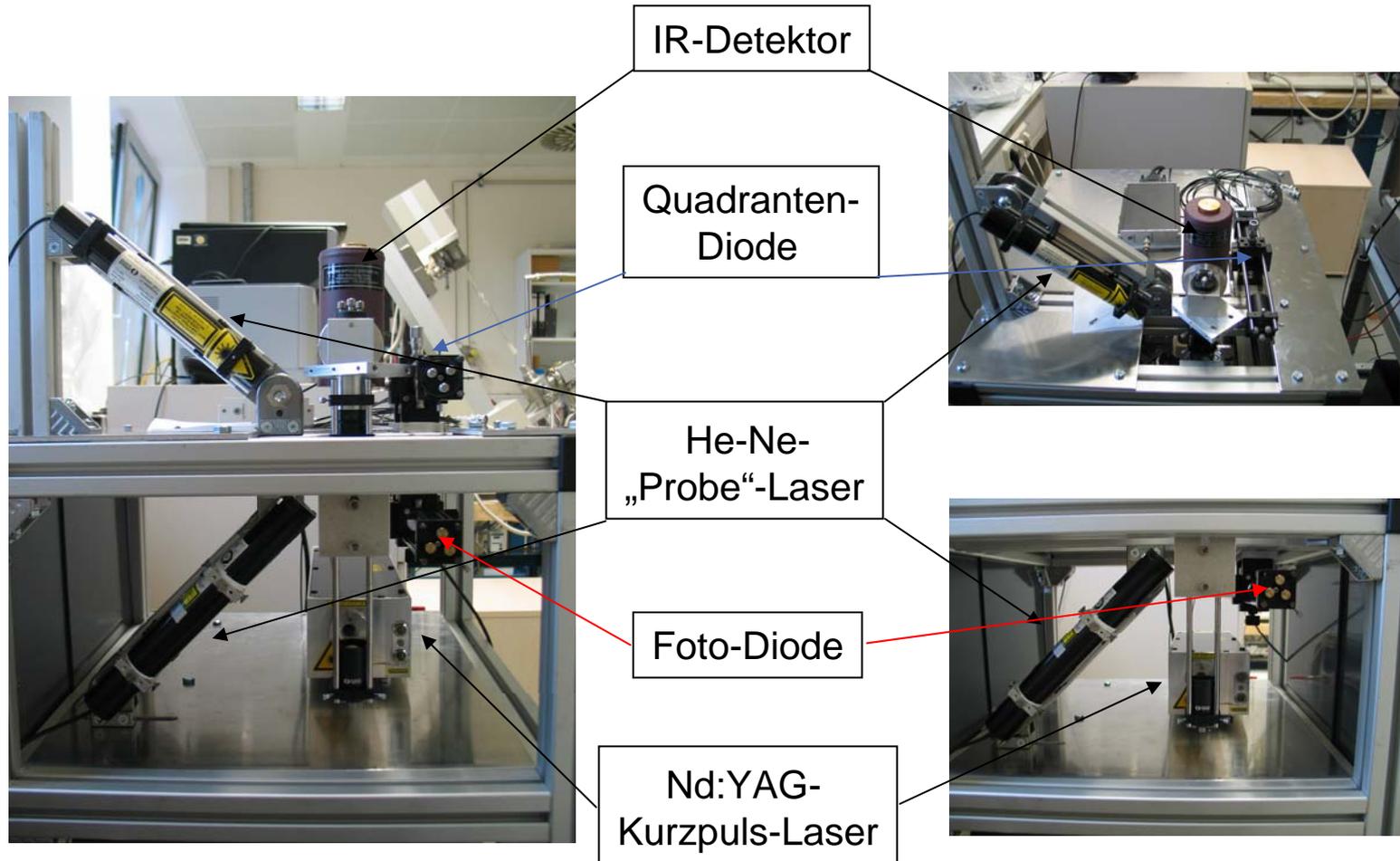
Picosecond-Thermoreflectance

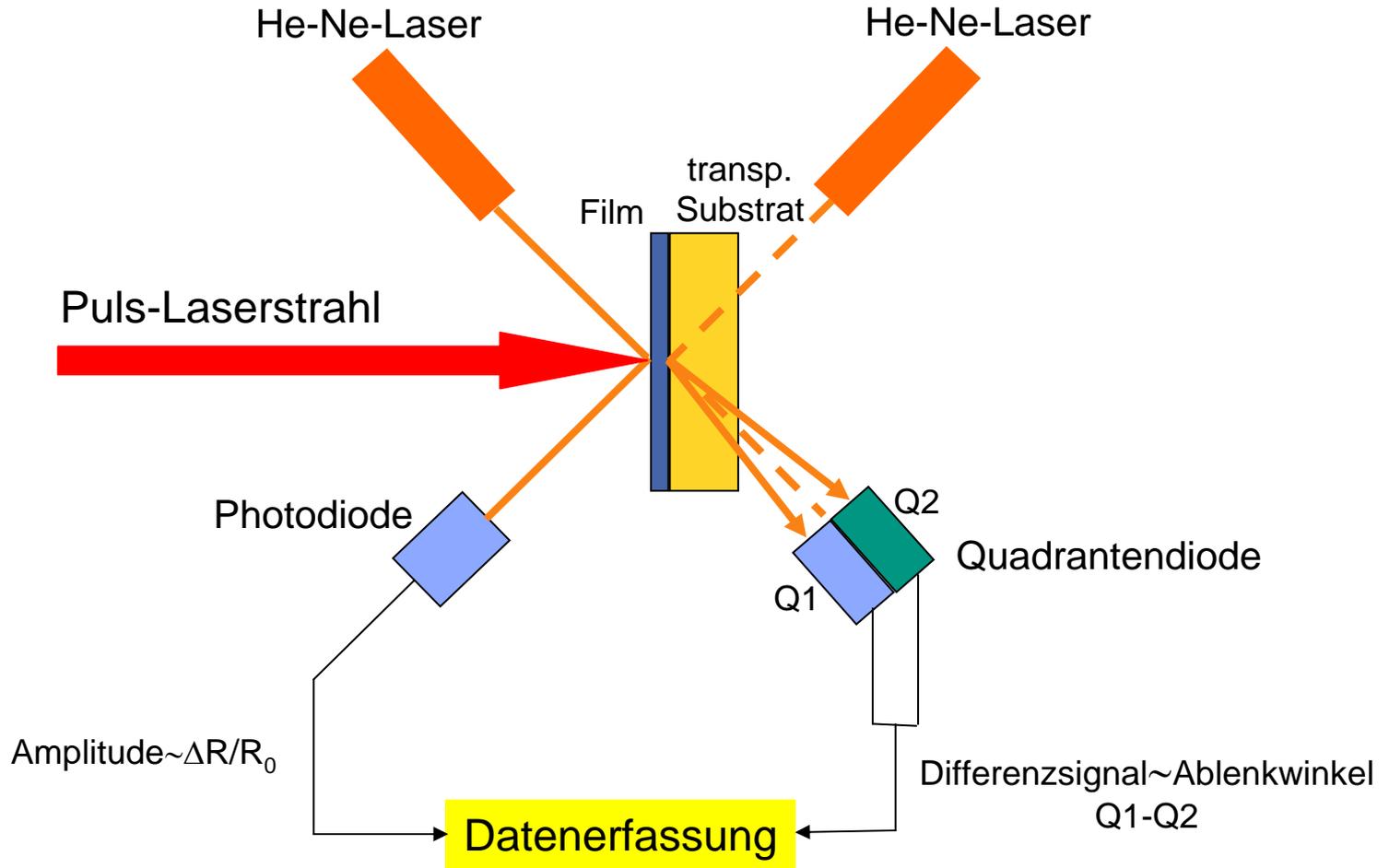


S H Firoz, T Yagi, N Taketoshi, K Ishikawa and T Baba, Meas. Sci. Technology 22 (2011)

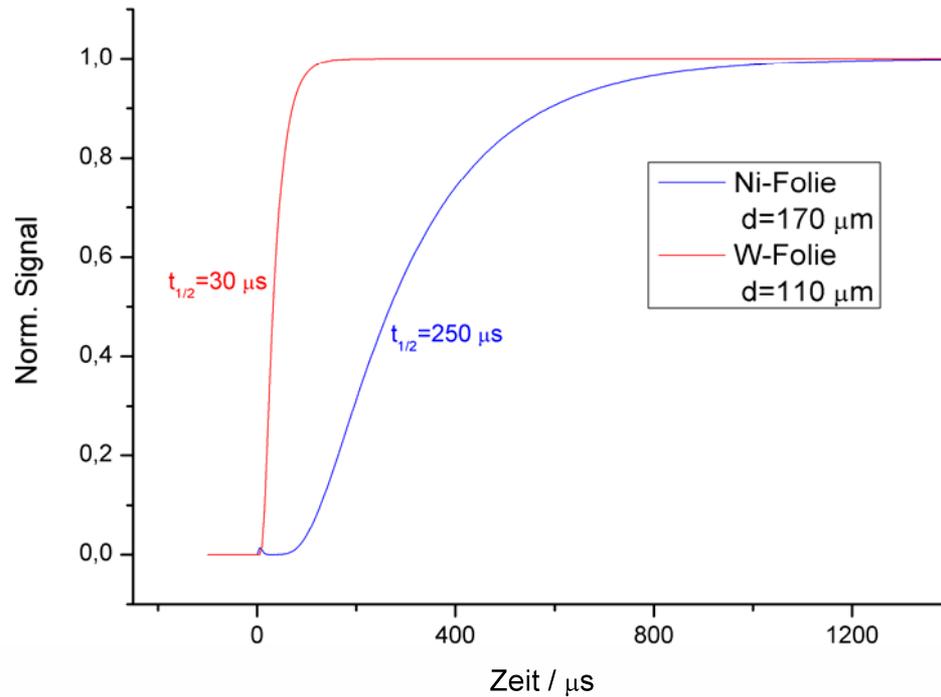


Aufbau des Prototypen (Testaufbau)





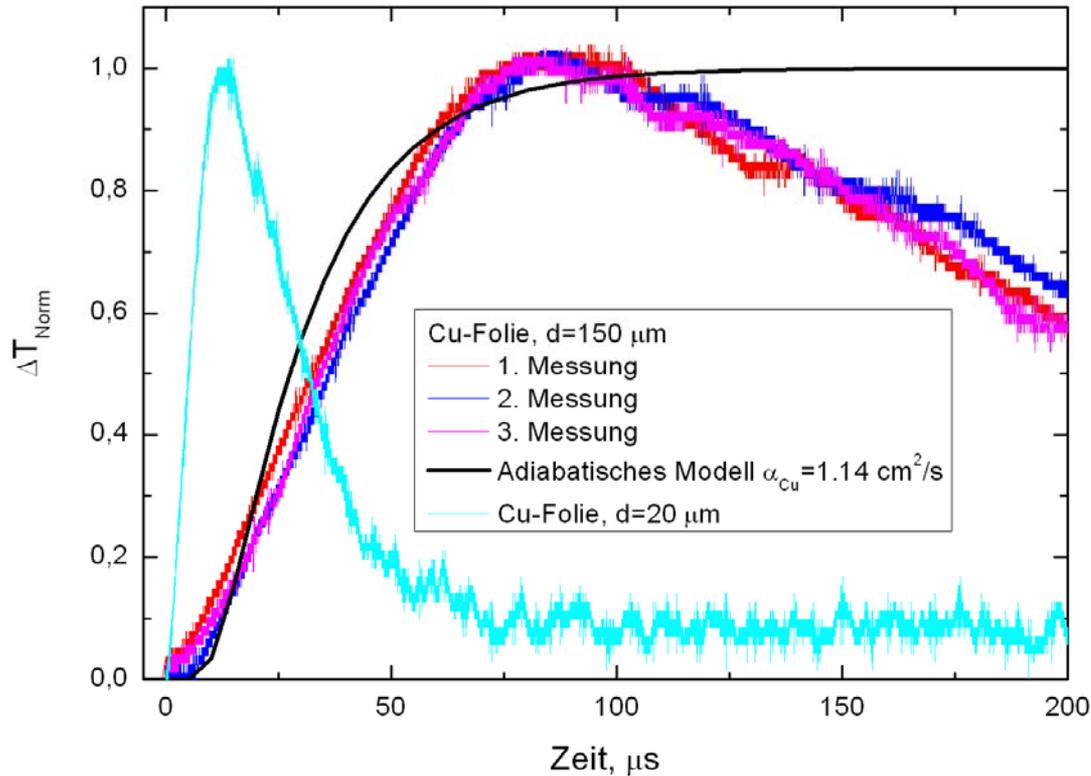
LF-Signal für dünne Folien (adiabatisches Modell)



Berechnet mit

$$\alpha_{\text{W}} = 0.52 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\alpha_{\text{Ni}} = 0.15 \text{ cm}^2/\text{s}$$



Standard LF-Konfiguration:

- Anregung auf der Vorderseite
- Messung auf der Rückseite mit IR-Detektor

- Prototyp ist in der Entwicklung
- Realisierung von unterschiedlichen Konzepten zur Signalerfassung
- Erste Testmessungen an Metallfolien

Ausblick

- Erweiterung der Software
- Testmessungen mit unterschiedlicher Signalerfassung und Anregung
- Integration einer Probenheizung