

SOWAS Projekt

Bestimmung einer Schichtdicke über Interferenzeffekte

Referenten: Anna Strezhenyuk, Sarah Klose,
Marius Scholten, Niklas Fornefeld,
Severin Schmid

Projektleiter: Johannes Herrmann

Motivation

Entwicklung eines indirekten Verfahrens zur Schichtdickenbestimmung im Nanometerbereich

DLC-Schichten

Unsere Proben haben wir mit einer Mischung aus Argon und Acetylen Gas hergestellt. Mit einer ICP-Quelle (Inductively Coupled Plasma) und bei 1000W Leistung wurden die Siliciumwafer (7cm Ø) für einige Sekunden beschichtet.

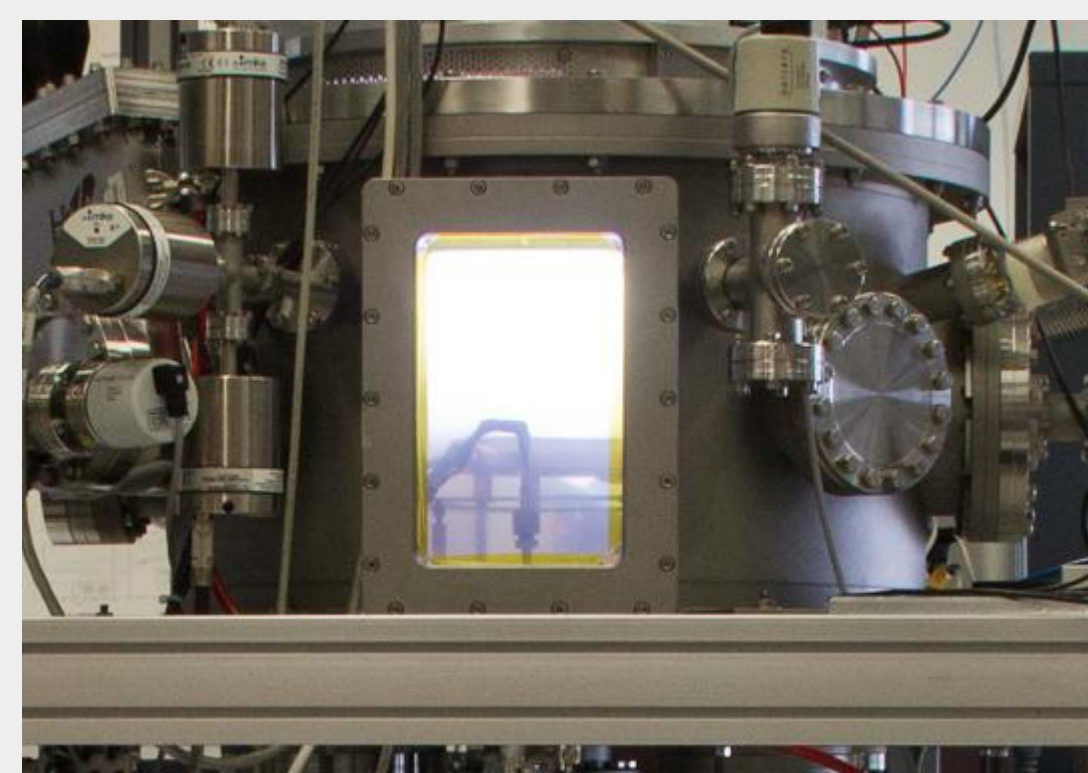


Abb.1: ICP-Plasmakammer



Abb. 2: Verwendete Proben

Wellenlänge in nm	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Brechungsindex, n	2,05	2,04	2,02	2,01	2,00	1,99	1,98	1,97	1,97

Tab. 1: Brechungsindex der DLC-Schichten bei verschiedenen Wellenlängen

Theoretische Grundlagen

Grundlage ist Interferenz an dünnen Schichten. Bei streifendem Einfall ergibt sich der Gangunterschied der beiden Strahlen zu:

$$\Delta = \Delta_b - \Delta_a = 2d\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha} = k\lambda \quad (1)$$

Aufgrund der zu untersuchenden Schichtdicken greifen wir auf Weißlicht (390-960nm) senkrechten Einfalls ($\alpha=0^\circ$) zurück. Gleichung (1) vereinfacht sich somit zu:

$$\Delta = 2dn_1 = k\lambda \quad (2)$$

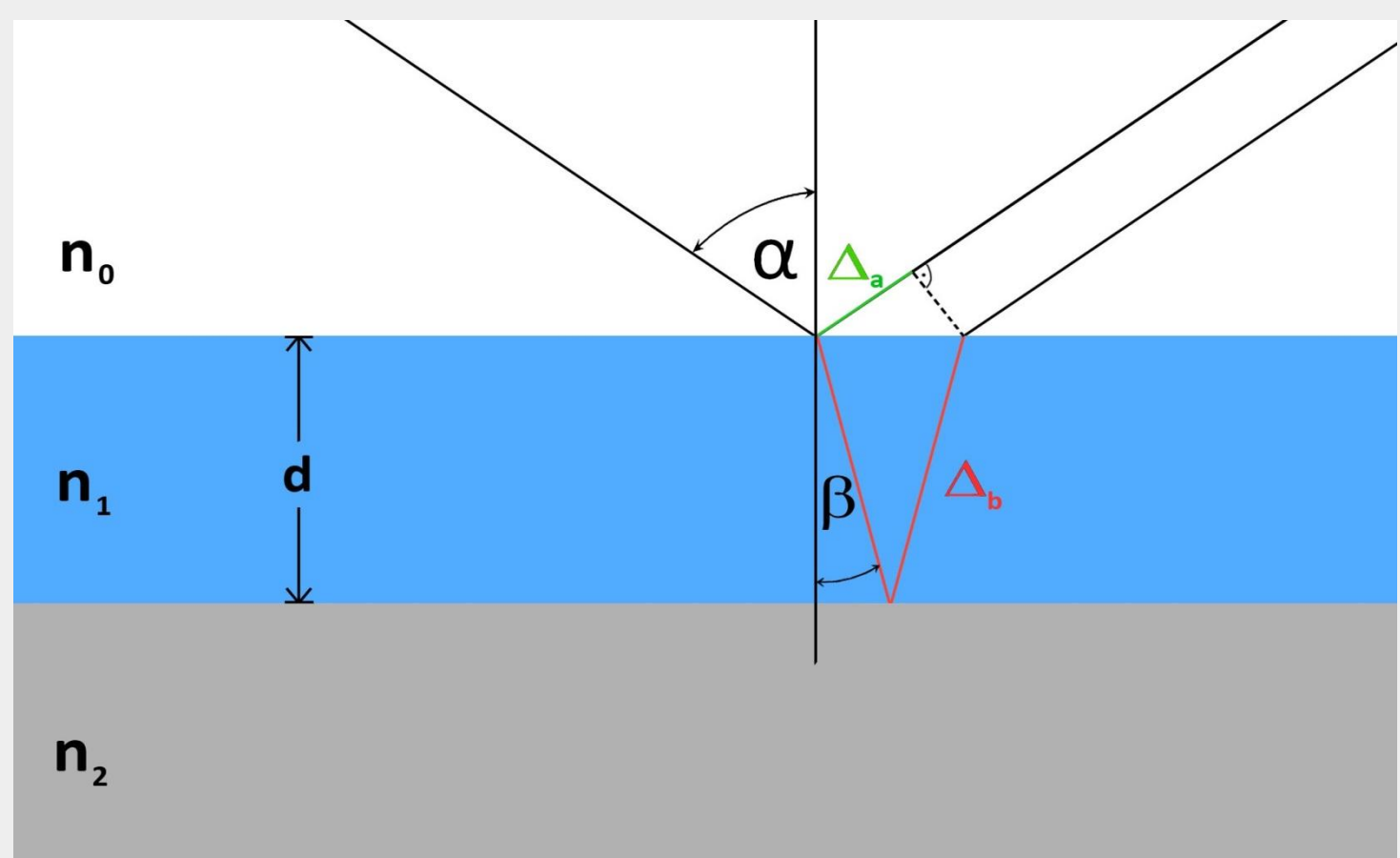


Abb.3: Interferenz an dünnen Schichten

Versuchsaufbau

Anmerkungen zur Durchführung:

- Kalibrierung der Software für die CCD-Kamera erfolgte mittels Grünfilter (bekanntes Transmissionspektrum)
- Nicht die ganze Breite der CCD-Zeile konnte ausgenutzt werden
- Die Einstellung des Einfallswinkels auf den Wafer erfolgte über Intensitätsvergleich zur Referenzstellung des Si-Wafers
- Es konnte nicht immer dieselbe Probenfläche gemessen werden
- Der Lichtleiter des USB-Spektrometers wurde so eingestellt, dass die maximale Intensität gemessen wurde

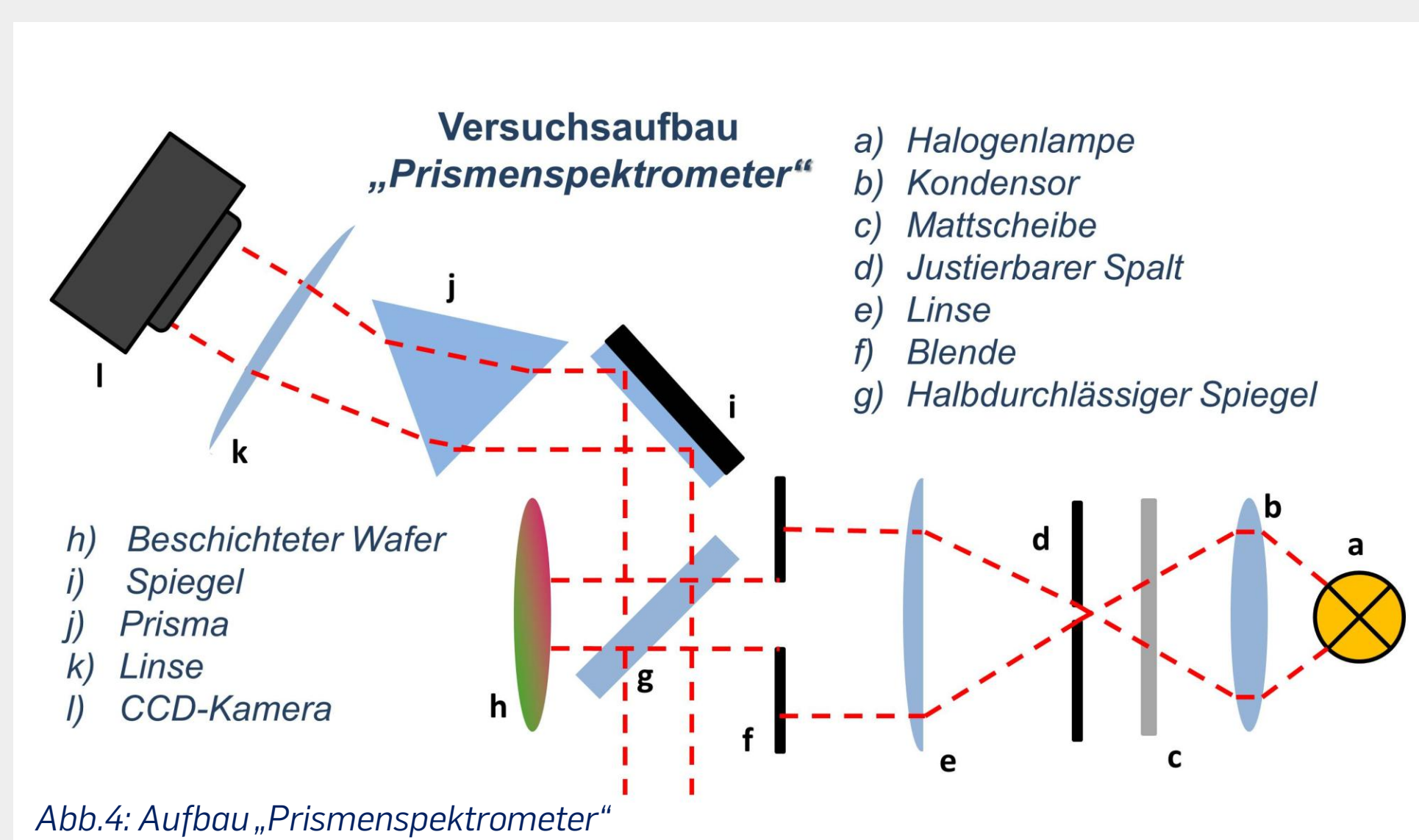


Abb.4: Aufbau „Prismenspektrometer“

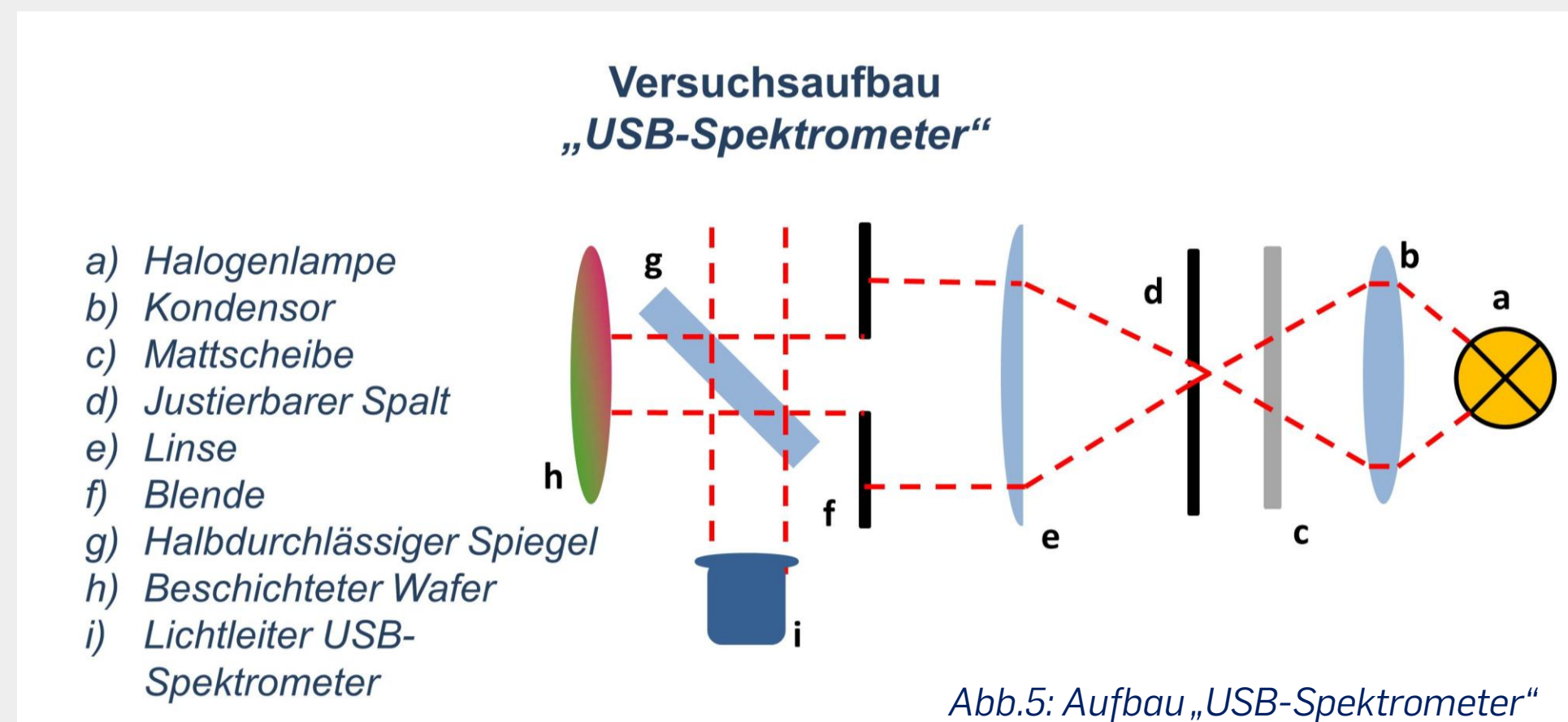


Abb.5: Aufbau „USB-Spektrometer“

Auswertung

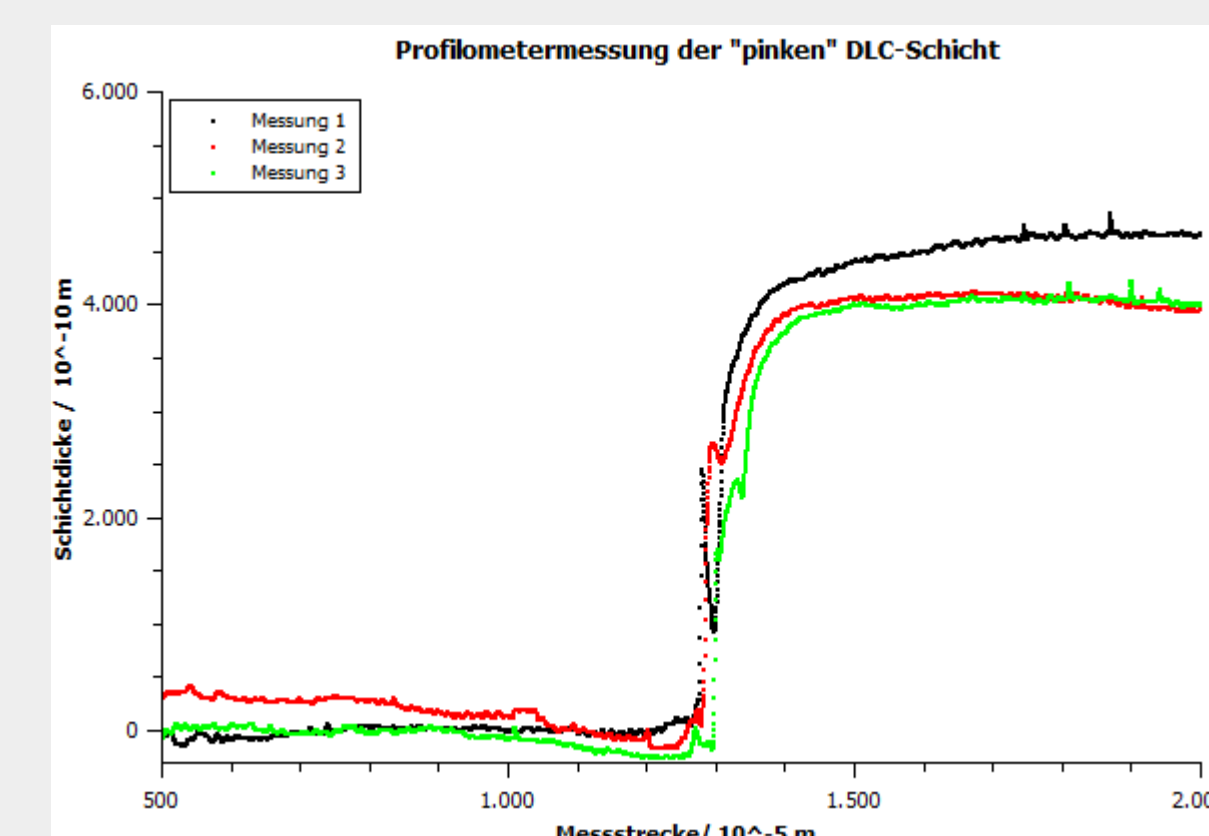


Abb.6: Profilometermessung „Pink“

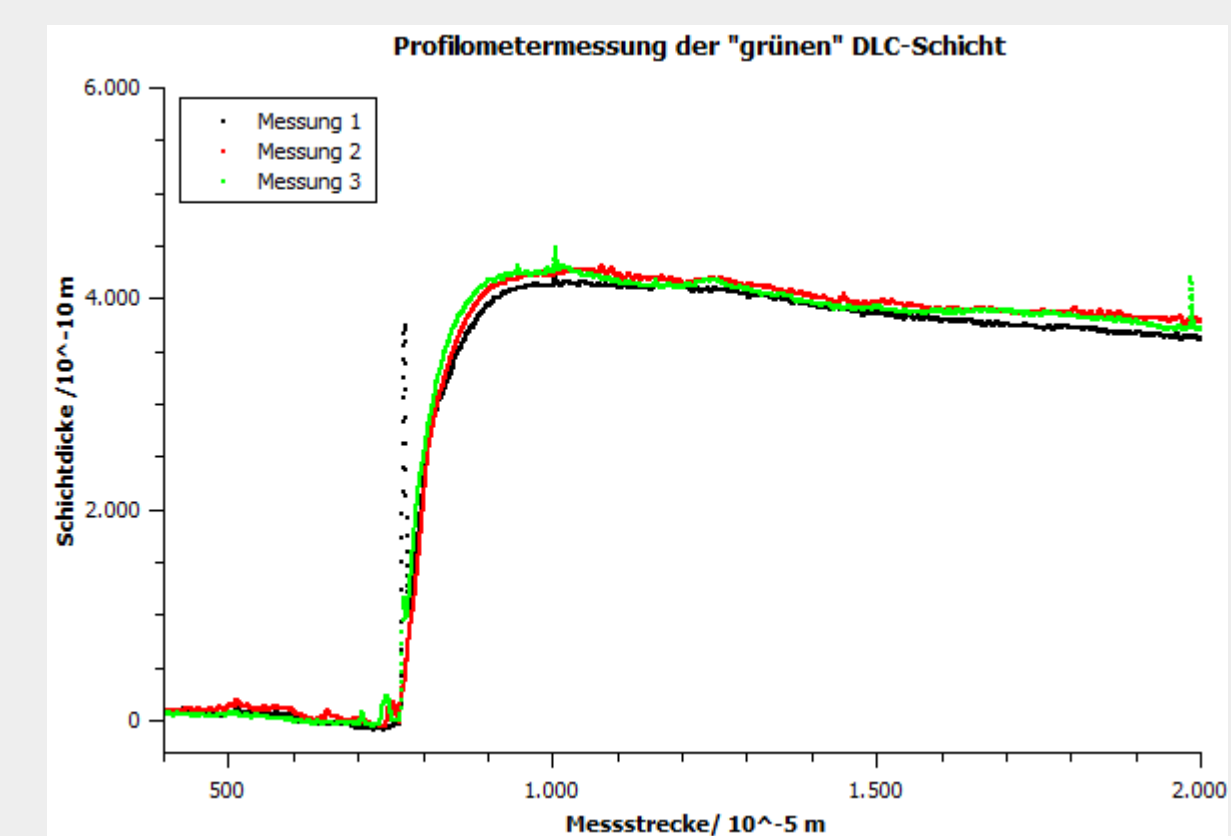


Abb.7: Profilometermessung „Grün“

Schichtdicke aus Profilometermessung			
	blau	grün	pink
Schichtdicke e d/nm	135,80	398,14	422,13
+/- Δd/nm	23,26	17,25	26,13

Tab.2: Ergebnisse der Profilometermessung

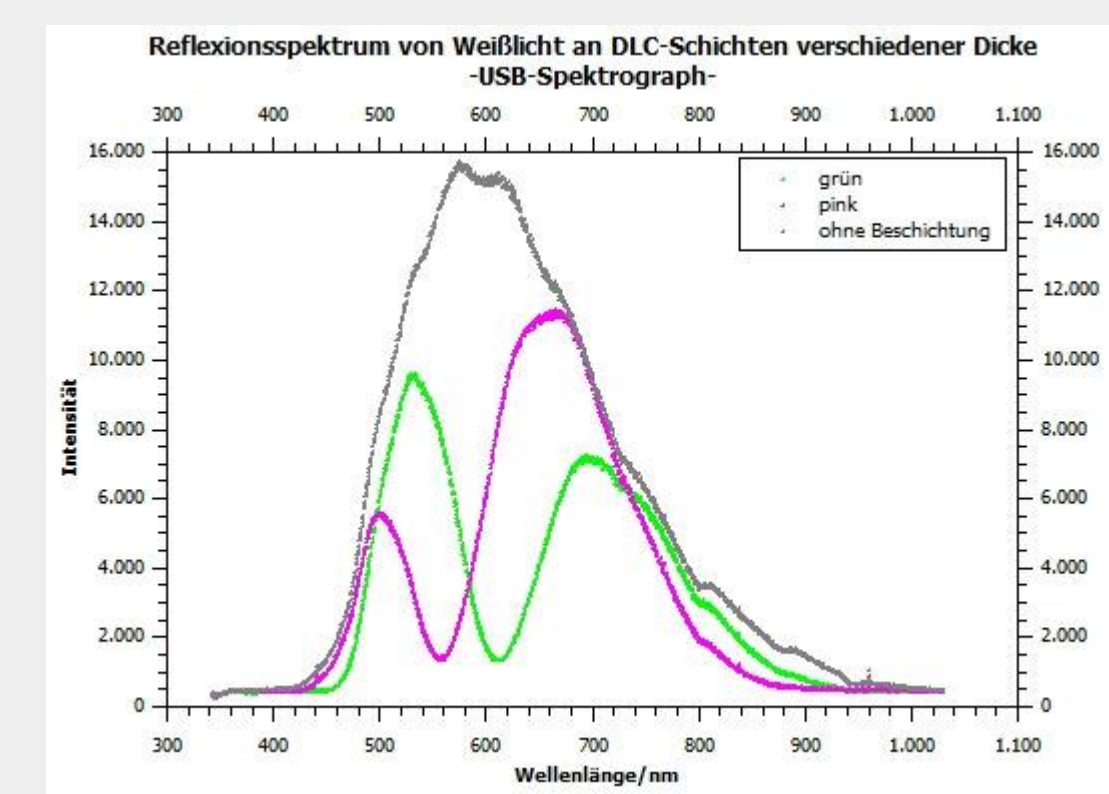


Abb.8: Messung USB-Spektrograph

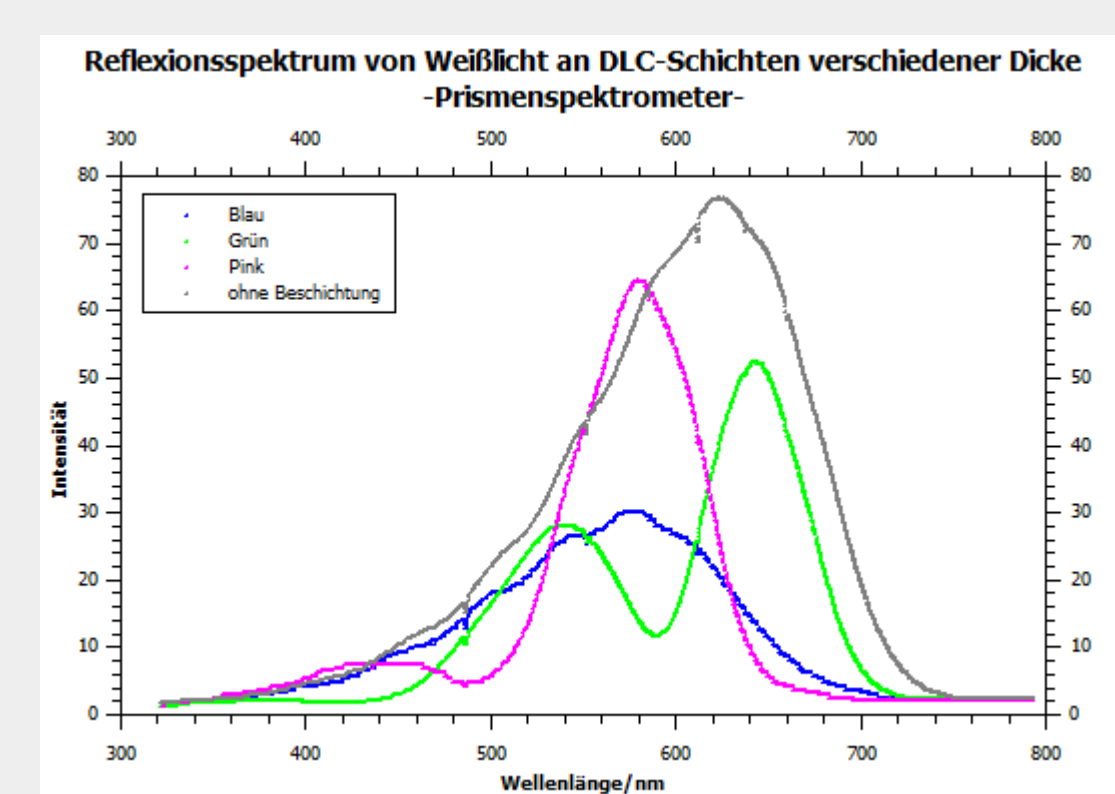


Abb.9: Messung Prismenspektrometer

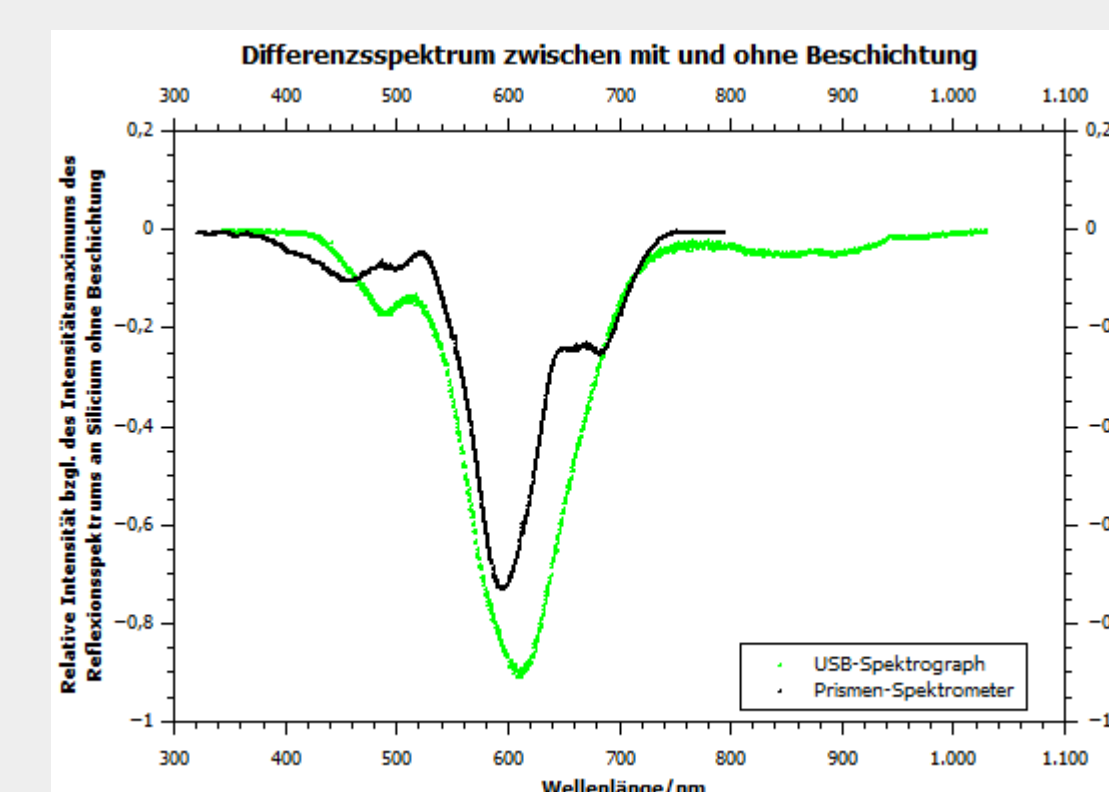


Abb.10: Differenzspektrum der „grünen“ Schicht

Grüne Schicht	USB λ/nm	Prisma λ/nm	Theorie λ/nm
Minimum	488,10	456,40	458,43
	608,70	594,60	641,80
Maximum	510,60	520,00	534,83
	761,17	749,70	802,25

Tab.3: Extremstellen aus Differenzspektrum, „grüne“ Schicht

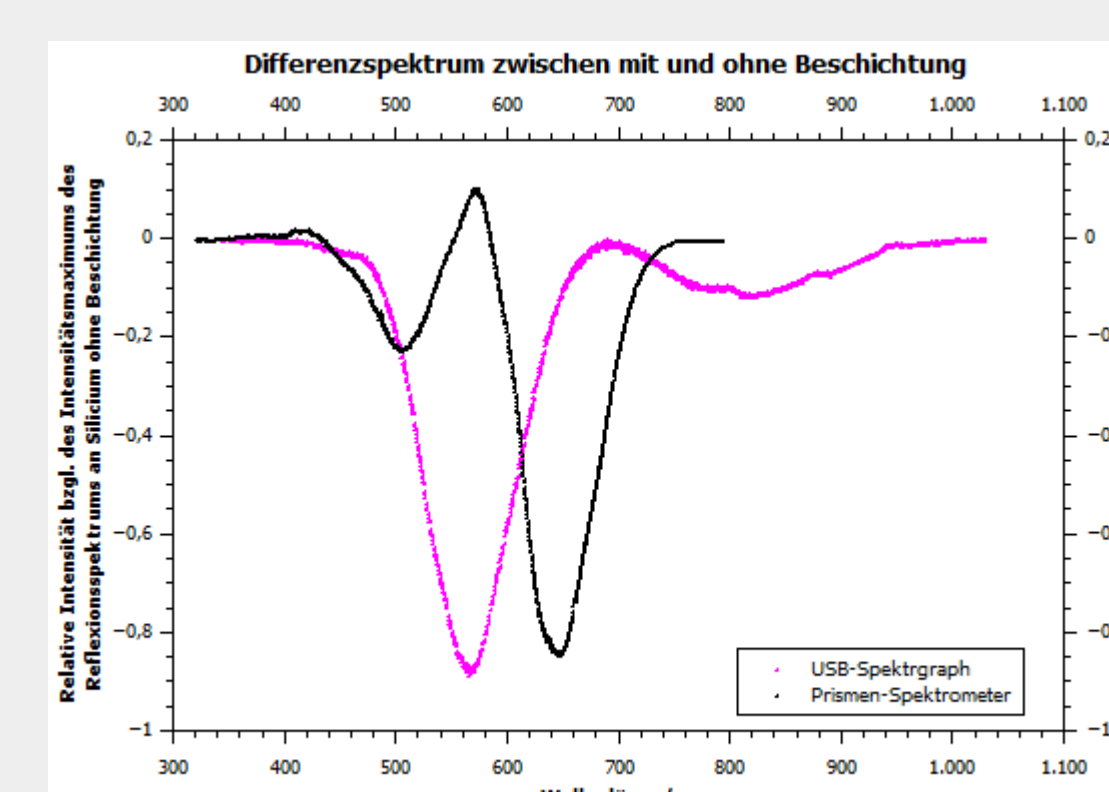


Abb.11: Differenzspektrum der „pinken“ Schicht

Pinke Schicht	USB λ/nm	Prisma λ/nm	Theorie λ/nm
Minimum	565,90	504,70	486,05
	816,70	646,40	680,47
Maximum	691,30	571,70	567,06
	941,30	753,30	850,59

Tab.4: Extremstellen aus Differenzspektrum, „pinke“ Schicht

Fazit

Fehlerquellen:

- Der Einfallswinkel auf die Proben konnte nicht fein genug eingestellt werden. Mögliche Verbesserung des Aufbaus durch Mikrometerschrauben an der Halterung zur Feinjustierung
- Inhomogenität der Schicht führt zu ungenauerer Zuordnung der Extremstellen
- Verbesserung des Aufbaus durch eine größere optische Bank, sodass die optischen Elemente auf die komplette CCD-Zeile abbilden können
- Lichtleiter des USB-Spektrometers konnte nicht feinjustiert werden

Ausblick:

- Vermessung von mehr und homogeneren Schichten nötig, um eine bessere Einschätzung zur Qualität der Methode zu erlangen.
- Mit einem auf die Schichtdicke abgestimmten Laser könnte eine genauere Messung möglich sein
- Kontaktlose Alternative zur Profilometermessung

Quellen:

Abb.1: Böke, M.: „ICP 200, 300, 400, 500mm“. Ruhr Universität Bochum
 Tab.1: Tydex: „Hard Carbon Coating (DLC: „Diamond-Like Coating“)“. URL: <http://www.tydexoptics.com/materials1/coatings/dlccoatings/> [Stand: 20.07.2014]
 Bergmann Schaefer: Lehrbuch der Experimentalphysik Band 3 Optik Wellen- und Teilchenoptik. 10. Auflage: de Gruyter, 2004