



## **WEITERBILDUNG OPTIK: Modul „Dünne Schichten für die Optik“**

**Anbieter:** Jenaer Akademie für Lebenslanges Lernen e. V.

**Ort:** Ernst-Abbe-Hochschule Jena  
Carl-Zeiss-Promenade 2, 07745 Jena

**Ihr  
Ansprechpartner:** Peter Perschke  
Tel.: 03641 205-108  
Fax: 03641 205-109  
E-Mail: [peter.perschke@eah-jena.de](mailto:peter.perschke@eah-jena.de)



## Beschreibung

Das Modul „Dünne Schichten für die Optik“ ist Bestandteil der [Weiterbildung Optik](#), die von der Jenaer Akademie Lebenslanges Lernen JenALL e.V. in Kooperation mit der Ernst-Abbe-Hochschule Jena durchgeführt wird.

Der Kurs beschreibt die kompletten **Grundlagen der Optikbeschichtung**. In nur zwei Tagen erhalten Sie einen Überblick über **Funktion, Design, Herstellung und Anwendung optischer Schichten**. Als Profi können Sie Ihr Wissen aktualisieren. Als Neueinsteiger wird Ihnen die Einarbeitung erleichtert. Als Auftraggeber für optische Komponenten wird sich Ihr Verständnis für diese Thematik verbessern. Auch wenn Sie Entscheidungen über **Kosten- / Nutzenabwägung** bei optischen Beschichtungen treffen müssen, bekommen Sie hier interessante Informationen.

Im Rahmen der Weiterbildung ist ein Besuch des Fraunhofer Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik Jena mit Besichtigung der dortigen Beschichtungslabore möglich.

## Der Kurs versetzt Sie in die Lage, folgende Fragen zu beantworten:

- Warum sind Beschichtungen ein unabdingbarer Bestandteil der modernen Optik?
- Wie funktionieren optische Schichten?
- Welche Technologien sind erforderlich?
- Was kosten optische Schichten und was bringen sie ein?
- Wie sieht der internationale Markt aus?
- Was sind die aktuellsten Trends?

## Inhaltliche Schwerpunkte

- Optik dünner Schichten
- Schichtwachstum und Realstruktur
- Schichteigenschaften und -charakterisierung
- Beschichtungsverfahren
- Trends

Im Rahmen der Weiterbildung wird die **Notwendigkeit** zur Beschichtung von Optik dargestellt und damit zusammenhängend die **Funktionsweise** optischer Schichten erklärt. Dabei wird u.a. auf die Themen „**Entspiegelungen**“, „**Verspiegelungen**“ und „**Filter**“ näher eingegangen. Den Teilnehmern wird ein vertiefter Einblick in mögliche Herstellungstechnologien (und deren speziellen Erfordernisse) für optische Schichten gegeben. Dabei werden die Verfahren „**Aufdampfen**“, „**Sputtern**“ sowie „**CVD**“ und „**Sol-Gel**“ detailliert erläutert.

Durch **Praxisbeispiele** bekommen die Teilnehmer einen Überblick über **aktuelle Anwendungen** aus den Bereichen „Architektur- und Fahrzeuggläser“, „Präzisionsoptiken“, „Medizintechnik“, „Umwelttechnik“, Lithografie“, „photovoltaische und solarthermische Energieerzeugung“, „Solid-State Lighting“ sowie „Astro- und Weltraumoptiken“. Dabei können sich die Teilnehmer über den **aktuellen Stand und neue Trends** in Wissenschaft und Technik informieren. Die Weiterbildung schließt mit der Betrachtung kaufmännischer Aspekte, so wird das Gebiet optischer Schichten unter **Kosten-/Nutzenaspekten** betrachtet, darüber hinaus wird das Thema „**Wettbewerb**“ behandelt.

## Referent

Prof. Dr. Norbert Kaiser  
(Ernst-Abbe-Hochschule Jena / Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik)

## Zielgruppe

- Hoch- und Fachhochschulabsolventen, die in der optischen Industrie bzw. verwandten Industriebereichen tätig sind.
- Techniker, die ihr Wissen aktualisieren möchten.
- Neueinsteiger, zur Erleichterung des Einstiegs im neuen Themenfeld.
- Auftraggeber optischer Komponenten

## Ihre Vorteile

- Hoher Lernerfolg durch begrenzte Teilnehmerzahl
- Praxisnahe und intensive Wissensvermittlung
- Dozent/innen mit langjähriger Lehrerfahrung und im praktischen Umfeld erworbener Expertise
- umfangreiche Seminarunterlagen zur optimalen Nachbereitung der Weiterbildungsveranstaltung

## Materialien

Im Rahmen der Weiterbildung erhalten Sie einen eigens für die Veranstaltung erstellten Studienbrief und ein Handout des Dozenten.

## Sonstiges

Bildungsgutscheine werden gern akzeptiert.

Nach Absolvierung von vier Modulen aus dem Programm der Weiterbildung Optik kann das **IHK-Zertifikat „Fachkraft Optik“** erworben werden.

Weitere Informationen und die Möglichkeit zur **Onlineanmeldung** unter [www.jenall.de/optik](http://www.jenall.de/optik)

## Ausführliche Inhaltsübersicht des verwendeten Studienmaterials

(Bitte beachten Sie, dass die Schwerpunktsetzung im Vorfeld des Seminars durch den Dozenten festgelegt wird und nicht alle Inhalte des Studienmaterials besprochen werden können. Wünschen Sie die Behandlung spezieller Themen, können Sie uns vorab gern ansprechen.)

### 1 Einführung

#### 1.1 Allgemeines

#### 1.2 Historische Entwicklung

#### 1.3 Anwendungsgebiete der Dünnschicht-technologie

## 2 Optik dünner Schichten

- 2.1 Strahlenoptik
- 2.2 Licht als elektromagnetische Welle
- 2.3 Fresnelsche Formeln
- 2.4 Rekursionsmethode
- 2.5 Matrixmethode

## 3 Optische Eigenschaften/Schichtdesign

- 3.1 Einführung
- 3.2 Einordnung optischer Schichten
- 3.3 Notation für das Schichtdesign
- 3.4 Entspiegelungen
- 3.5 Verspiegelungen
- 3.6 Filter
- 3.7 Polarisatoren
- 3.8 Strahlteiler
- 3.9 Einführung
- 3.10 Metallische Spiegel
- 3.11 Dielektrische Strahlteiler
- 3.12 Metallisch-dielektrische Strahlteiler
- 3.13 Zusammenfassung
- 3.14 Schichtmaterialien
- 3.15 Vorgehen beim Schichtdesign

## 4 Mechanische und elektrische Eigenschaften

- 4.1 Mechanische Eigenschaften
- 4.2 Innere Spannungen
- 4.3 Haftfestigkeit
- 4.4 Härte
- 4.5 Elektrische Eigenschaften

## 5 Schichtwachstum und Realstruktur

- 5.1 Einführung
- 5.2 Wachstum dünner Schichten
- 5.3 Keimbildung
- 5.4 Koaleszenz
- 5.5 Dickenwachstum
- 5.6 Realstruktur und Strukturzonenmodelle
- 5.7 Realstruktur
- 5.8 Strukturzonenmodelle
- 5.9 Beispiele
- 5.10 Zusammenfassung

## 6 Schichtcharakterisierung

- 6.1 Messung optischer Eigenschaften
  - Ellipsometrie
  - Spektrometrie
  - Photometer-Methode
- 6.2 Direkte Bestimmung der Schichtdicke
  - Gravimetrische Methoden
  - Mechanisches Abtasten

## 6.3 Weitere Verfahren

- Messung mit dem Licht- oder Elektronenmikroskop
- Indirekte Methoden

## 6.4 Prüfung optischer Schichten

## 7 Beschichtungsverfahren und -anlagen

### 7.1 Grundlagen der Vakuumtechnik

- Begriffserläuterungen
- Druckbereiche, Vakuumpumpen
- Vakuummessung

### 7.2 Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD)

- Bedampfungstechniken
- Kathodenzerstäubung (Sputtern)
- Ionenplattieren

### 7.3 Chemische Abscheidung aus der Gasphase (CVD)

- CVD-Prozesse
- Plasma-aktivierte chemische Dampfab-scheidung (PACVD/PECVD)
- Gasphasenabscheidung mit gepulstem Plasma (PICVD)
- Atomlagenabscheidung (ALD)

### 7.4 Sol-Gel-Schichten, Lackschichten, Sonstiges

- Sol-Gel-Schichten
- Tauch-, Spin- und Gießbeschichten

### 7.5 Beschichtungsanlagen

- Cluster-Anlagen
- Inline-Anlagen
- Folienanlagen

## 8 Ausgewählte Beispiele und An-wendungen

### 8.1 Kunststoffbeschichtung

- Transparente Kunststoffe für die Optik
- Optische Schichten für transparente Kunststoffe
- Beschichtungsverfahren für optische Kunststoffe
- Substratspezifische Besonderheiten bei der Kunststoffbeschichtung
- Kratzfeste Entspiegelung AR-hard®
- Easy to Clean-Schichten
- Entspiegelung durch Mikro-strukturierung
- Photolithografisch strukturierte Filter

### 8.2 Brillenglasbeschichtung

- Entspiegelung
- Kratzschutz
- Sonnenschutz
- Weitere funktionale Brillenbeschichtungen

### 8.3 Architekturglasbeschichtung

- Wärmedämmschichten
- Sonnenschutzschichten
- Wärmedämmschichten mit Sonnenschutzwirkung
- Entwicklungstrend: Schaltbare Schichten

### 8.4 Dünnschicht-Solarzellen

- Einführung
- Dünnschicht-Solarzellen

## 9 Weitere Schichtsysteme für optische Anwendungen - Trends

### 9.1 Innovative Schichtkonzepte

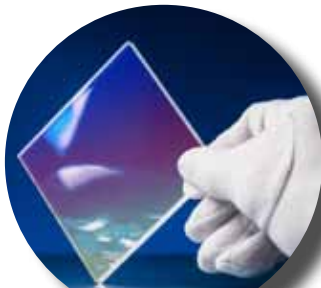
- Rugate Filter
- Plasmonenverstärkte Dünnschichtabsorber
- Resonante Gitter-Wellenleiter-Strukturen (GWS)

### 9.2 Beschichtung von EUV- und Röntgenoptiken

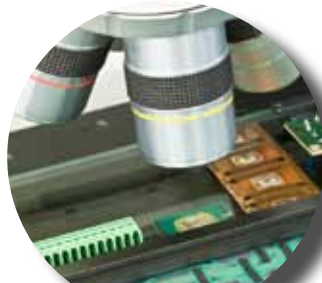
- Beschichtungstechnologie
- Hochreflektierende Mo/Si – Mehrschichtsysteme
- Thermisch stabile MoSi<sub>2</sub>/Si und Mo/C/Si – Mehrschichtsysteme
- Cr/Sc Multilayer-Spiegel für weiche Röntgenstrahlung
- Sc/Si Multilayer-Optiken für einen Spektralbereich von 35 nm bis 50 nm

### 9.3 Ausblick

# IHK-Zertifikat „Fachkraft Optik“:



Optik für  
Einsteiger



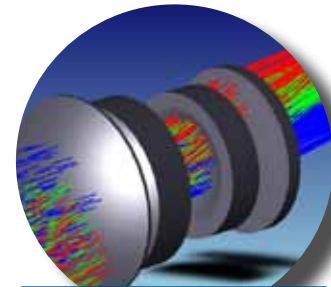
Optische  
Messtechnik



Lasertechnik/  
-messtechnik



Optik-  
technologie



Optikdesign  
(ZEMAX/OpticStudio)



Technische  
Optik



Laser-  
materialbearbeitung



Dünne Schichten  
für die Optik

**Nehmen Sie innerhalb von 24 Monaten an 4 Modulen teil und erhalten Sie das Zertifikat „Fachkraft Optik“ – ausgestellt durch die IHK Ostthüringen.**