

## Variable Abschwächer

Häufig müssen abhängig von der Applikation, unterschiedliche Leistungen mit einem Laser abgedeckt werden können. Eine Abschwächung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen, man unterscheidet dabei zwischen mechanischen und optischen Abschwächern.

Nach dem Gesetz von Malus ist die Intensität eines polarisierten Strahls nach dem Durchgang durch einen perfekten Polarisator  $I = I_0 \cos^2 \theta_i$ , mit  $\theta_i$  als Winkel zwischen Polarisationsrichtung und Achse des Polarisators. Dieses winkelabhängige Transmissionsverhalten macht man sich für zwei der folgenden beschriebenen optischen variablen Abschwächer zu nutzen. Der andere beschriebene variable Abschwächer beruht auf dem Prinzip der winkelabhängigen Reflexion bei dielektrischen Spiegeln.

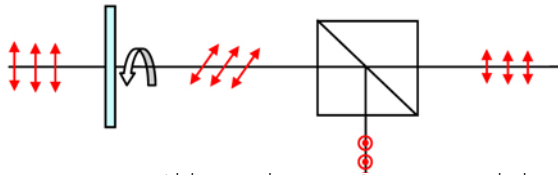


### $\lambda/2$ Platte mit Polarisator:

Bei diesem klassischen Aufbau wird eine  $\lambda/2$  Verzögerungsplatte vor einen Polarisator positioniert. Durch Rotation der Verzögerungsplatte um dessen optische Achse wird die Polarisationsrichtung des Lichtes in Abhängigkeit des Rotationswinkels gedreht. Durch den dahinter positionierten Polarisator wird abhängig von der Polarisationsrichtung mehr oder weniger Licht transmittiert. Mit diesen Komponenten kann so ein variabler Abschwächer aufgebaut werden. Allerdings ist der Aufbau durch die  $\lambda/2$  Platte auf einen Wellenlängenbereich begrenzt. Zusätzlich ist ein linear polarisierter Eingangsstrahl oder ein zusätzlicher Polarisator notwendig. Dieser Aufbau ist damit ideal für linear polarisierte Systeme mit einer Wellenlänge und speziell auch für Lasersysteme mit sehr hohen Leistungen geeignet.

**Eigenschaften:**

- Wellenlänge:  
nur kleiner Wellenlängenbereich mit einem Setup möglich  
(bei Zero Order Verzögerungsplatte ca. 8% Bandbreite)
- Eingangsstrahl muss linear polarisiert sein, bei unpolarisiertem Strahl ist ein zusätzlicher Polarisator notwendig
- Zerstörschwelle  $> 1 \text{ MW/cm}^2$  (cw),  $10 \text{ J/cm}^2$  (10 ns) (bei Verwendung eines Hochleistungspolarisators)
- Der Ausgangsstrahl ist immer gleich polarisiert, da die Verzögerungsplatte rotiert wird.  
Es entsteht kein Strahlversatz, der von der Abschwächung abhängig ist.

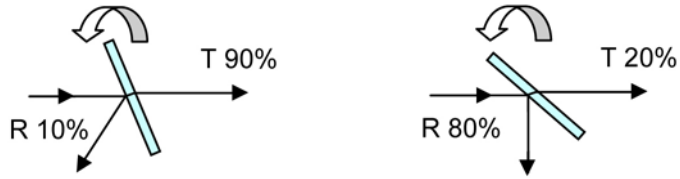


Transmission in Abhängigkeit von Rotationswinkel der Verzögerungsplatte

**Dielektrischer Spezialspiegel:**

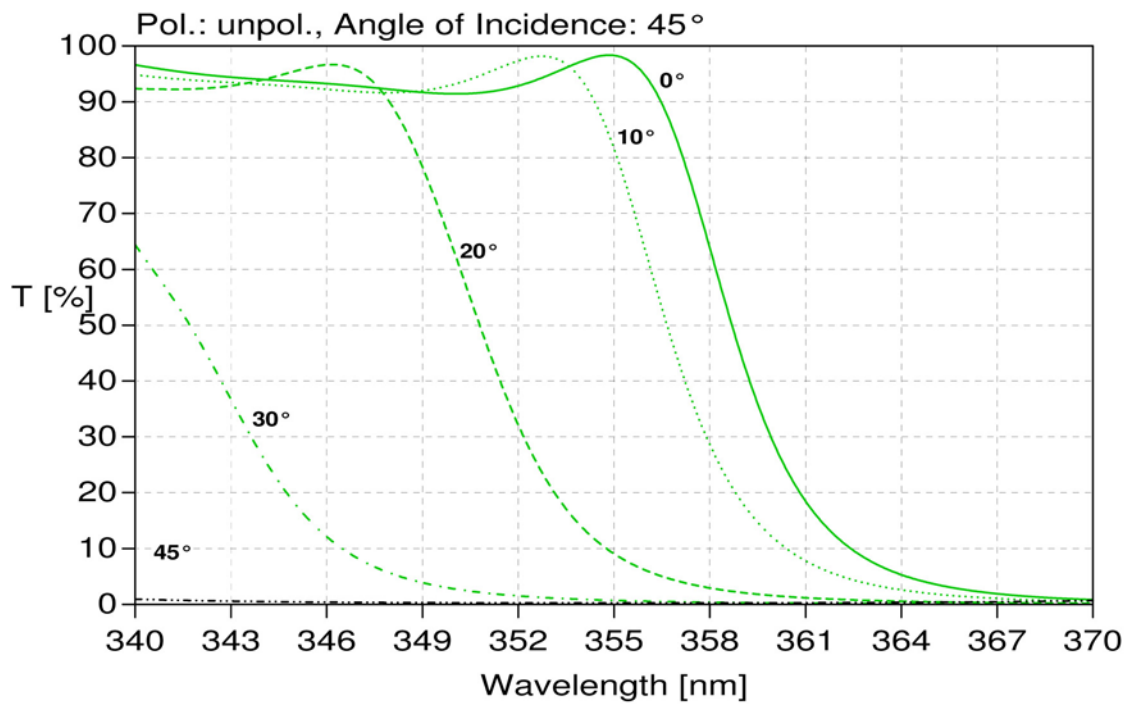
Durch eine spezielle dielektrische Beschichtung kann die Transmission durch Verkippen des Spiegels (Änderung des Einfallswinkels) eingestellt werden. Der Vorteil ist der Aufbau mit nur einer Komponente. Die Beschichtung ist auf eine Wellenlänge abgestimmt. Es besteht auch die Möglichkeit dies für den UV Bereich sowie NIR Bereich zu optimieren. Beim Design ist der unterschiedliche Strahlversatz des transmittierenden Strahls zu berücksichtigen. Dieser Abschwächer findet seine Hauptanwendung in UV-Systemen mit nur einer Wellenlänge.

- Wellenlänge:  
pro Wellenlänge extra Spiegel notwendig, dafür aber auch für UV Wellenlängen z.B. 355 und 337 nm möglich
- Strahlversatz des transmittierten Strahl variiert in Abhängigkeit vom Einfallswinkel, reflektierter Strahl wird ebenfalls unterschiedlich abgelenkt
- Zerstörschwelle abhängig von der Wellenlänge zwischen  $1 \text{ J/cm}^2$  bis  $10 \text{ J/cm}^2$  bei 10 ns
- Dielektrischer Spiegel kann für beliebige Polarisation oder unpolarisiertes System optimiert werden.



Transmission in Abhängigkeit von Einfallswinkel

### VA 355 nm, high power



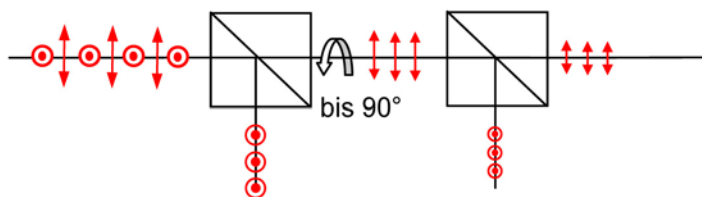
## Zwei Glan Taylor Polarisatoren:

Hier werden zwei Glan Taylor Polarisatoren hintereinander aufgebaut, wobei der Eingangspolarisator bis zu  $90^\circ$  gegen den Ausgangspolarisator rotiert wird.

Der Vorteil liegt in dem universellen Einsatzbereich von 350 nm – 2000 nm mit einem Aufbau, allerdings auf Kosten des Bauraums von Dm. 60 mm x Länge 72 mm. Die Verwendung des kompletten Wellenlängenbereiches ist jedoch nur möglich ohne Entspiegelung der Eingangs- und Ausgangsflächen der Polarisatoren, was wiederum eine geringere maximal mögliche Transmission mit sich zieht. Bei unpolarisiertem Licht großer Wellenlängenbereiche zeigen sich die Vorteile dieses variablen Abschwächers.

### Eigenschaften:

- Wellenlängenbereich:  
350 – 2000 nm (homogene Transmissionswerte über den gesamten Bereich nur für unbeschichtete Polarisatoren möglich)
- Max. Transmission:  
90% bei linear polarisiertem Licht, 40% für unpolarisiertes Licht (bei beschichteten Polarisatoren)
- Zerstörschwelle  
200 W/cm<sup>2</sup> (cw), 500 MW/cm<sup>2</sup> (gepulste Anwendung)
- Ausgangsstrahl  
ist immer gleich polarisiert da nur Eingangspolarisator rotiert wird.



Transmission in Abhängigkeit von Rotationswinkel des GlanTaylor Polarisators