

2015 – Jahr des Lichtes

Von Strahlen zu Bildern und Intensitäten, von
Reflexionen zu Kontrastunschärfen

- Vier Versuchsaufbauten der Universität Marburg im
Physikalischen Praktikum

von Dr. Peter Schaller



6. Lehrmittelworkshop
Berlin Magnus-Haus 2.Juni 2015

Gliederung

1. Basics – Licht trifft auf ein Hindernis
2. Der Brewsterwinkel – das Tor zur Wellenoptik
3. Optische Aktivität – Wellenlängenabhängigkeit
4. Vom Gitter und Prisma zu Wellenlängen
5. Von Strahlen zu Bildern
6. Zusammenfassung

1. Basisexperimente

Leichten Zugang zum Phänomen schaffen
Basics für Wissensnetz bilden

Fundament mit monochromatischen Lasern grün – rot

Wiedererkennen der physikalischen Phänomene
in der Natur

Physikalische Größen

müssen dort abgelesen werden, wo sie entstehen

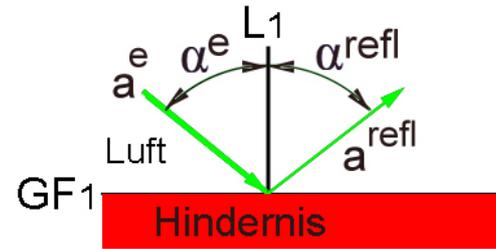
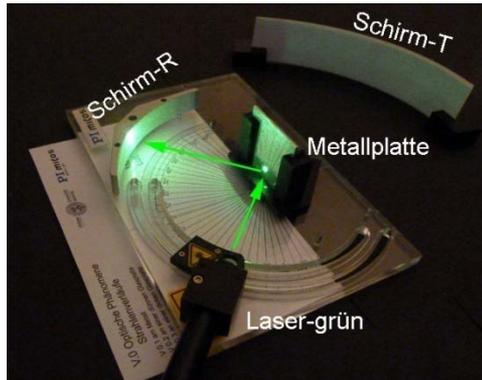
Experimentierumgebung **Versuchsaufbau**

- zeitgemäßes Design
- einfache Handhabung
- schneller Versuchsbeginn
- Freiheitsgrade: Variation der physikalischen Parameter
- sicheres und erfolgreiches Experimentieren

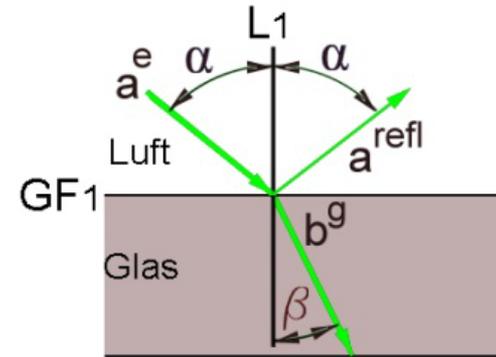
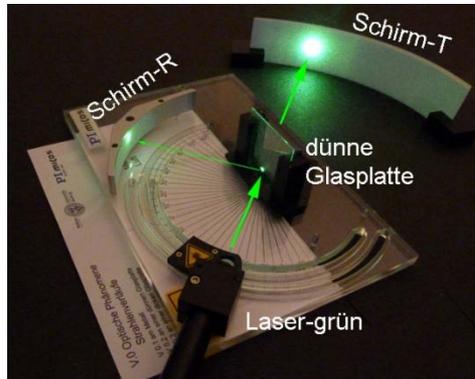
Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Licht trifft auf ein Hindernis

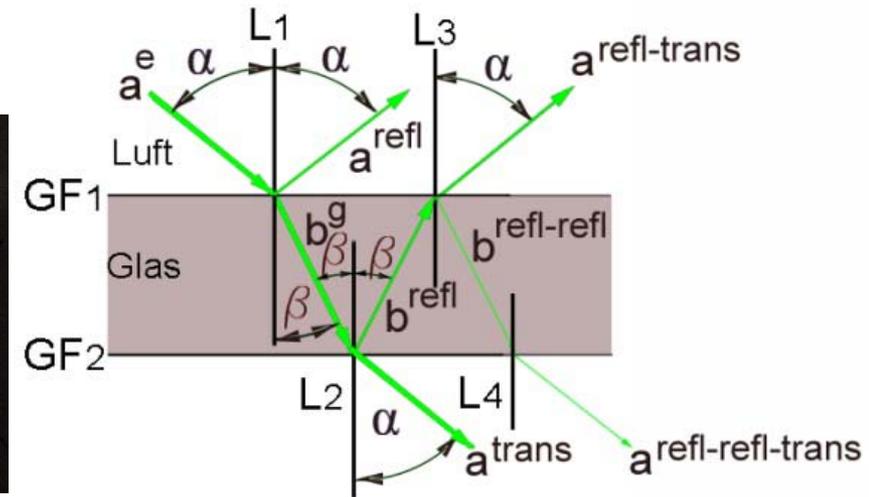
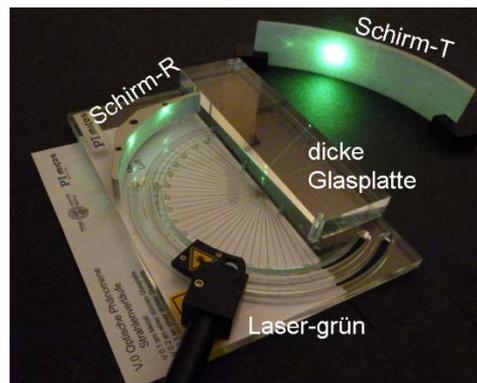
Metallplatte



dünne
Glasplatte



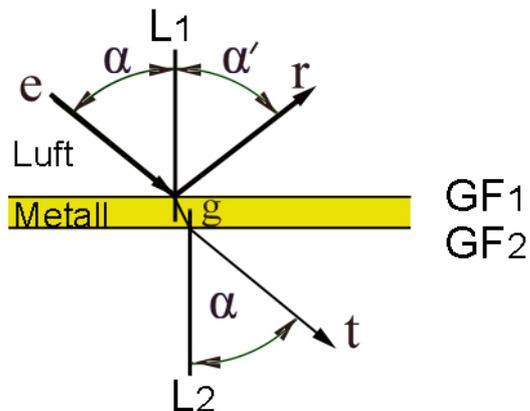
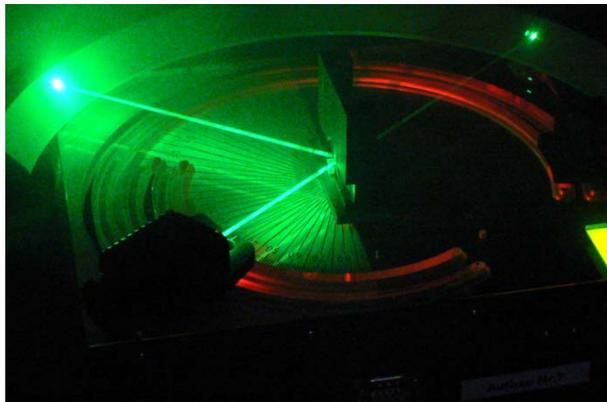
dicke
Glasplatte



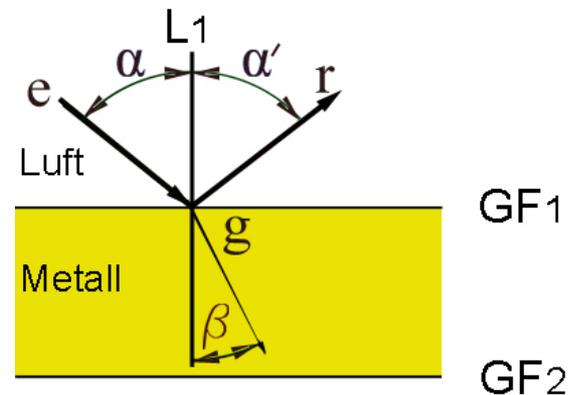
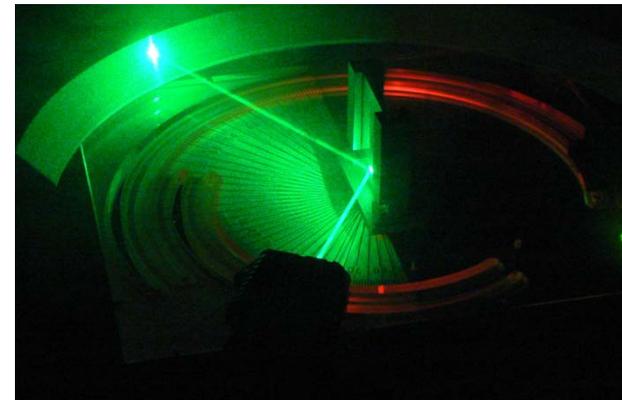
Verhalten an optischen Grenzflächen

An jeder Grenzfläche erfolgt **immer** eine Strahlenspaltung in einen reflektierten und einen gebrochenen Strahl.

Metallfolie

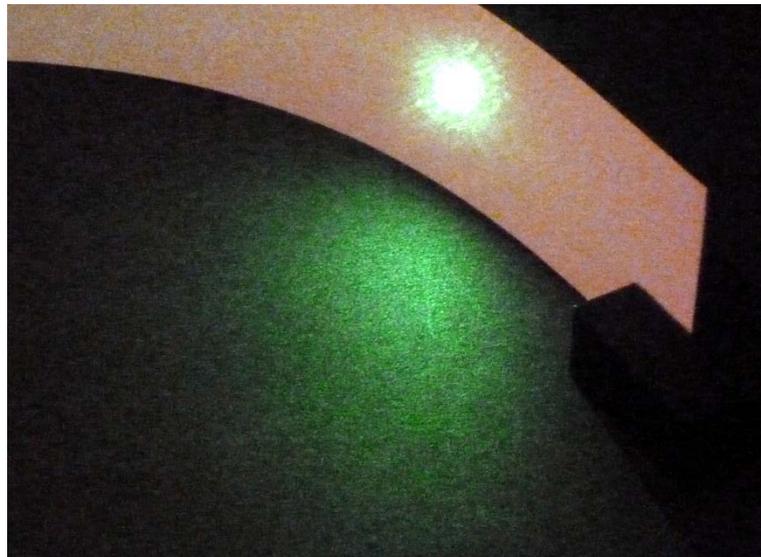
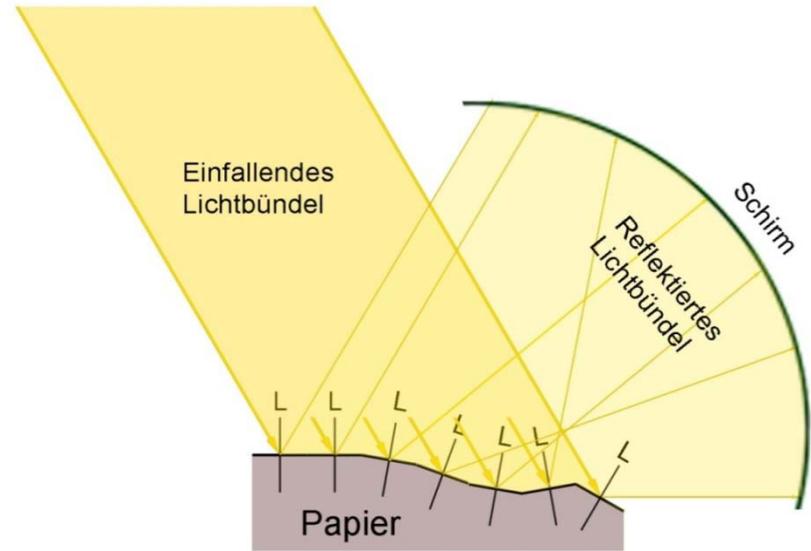
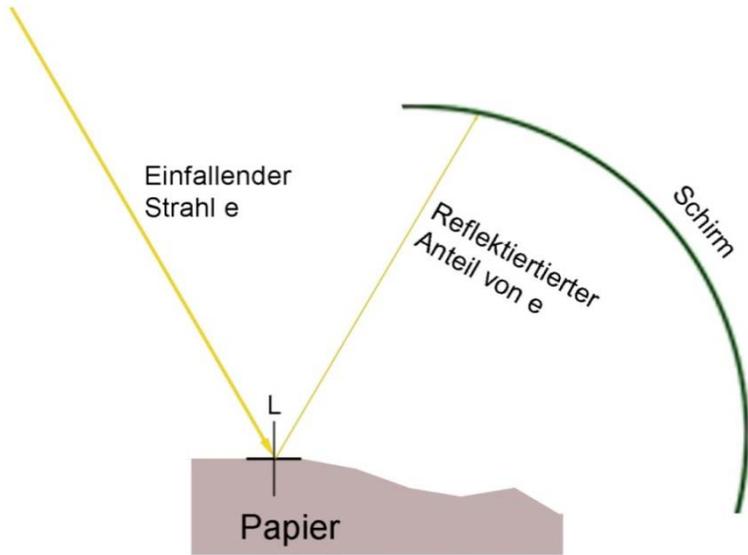


Metallplatte



Verhalten an optischen Grenzflächen

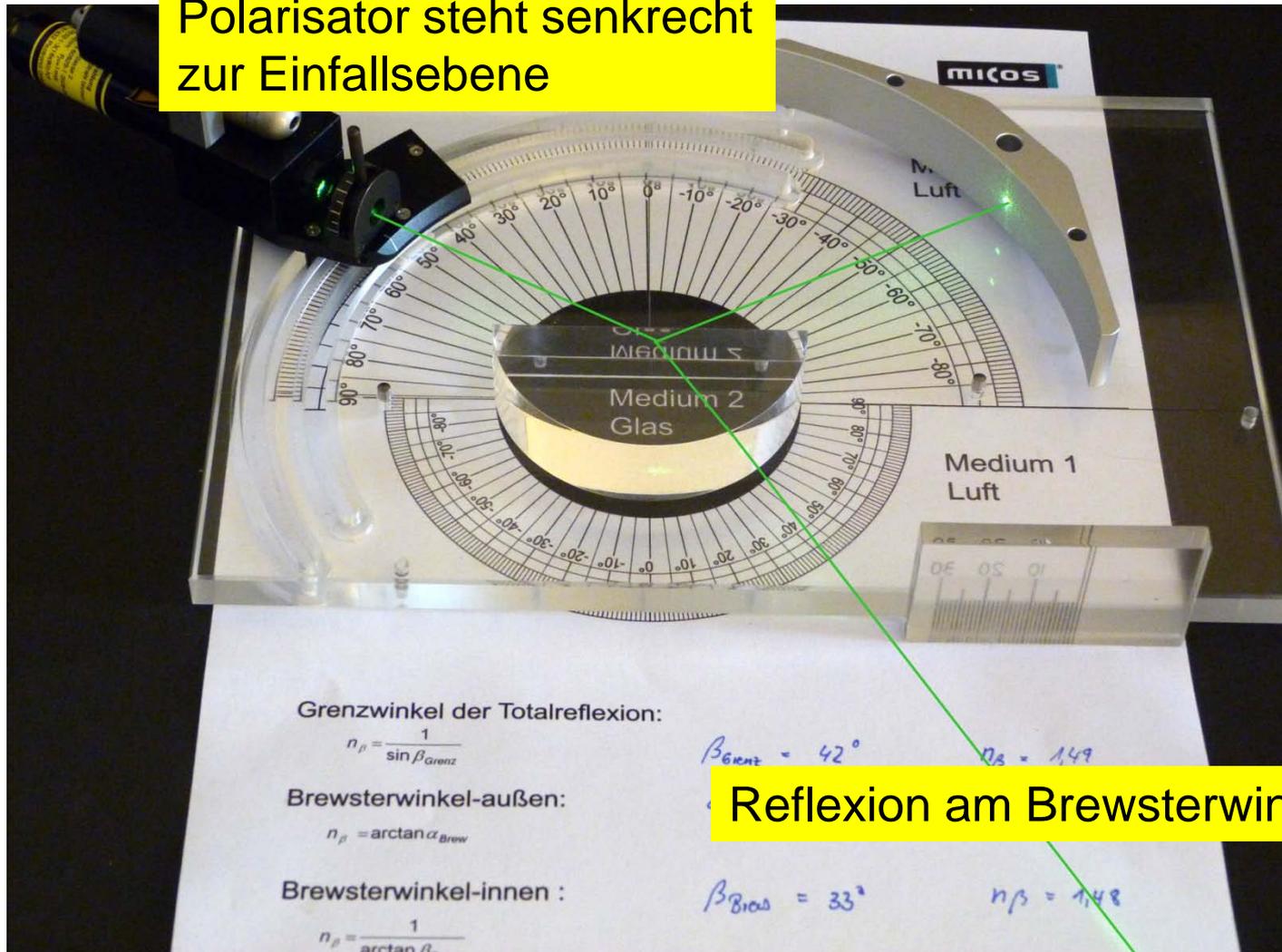
Diffuse Reflexion – Sehen



Verhalten an optischen Grenzflächen

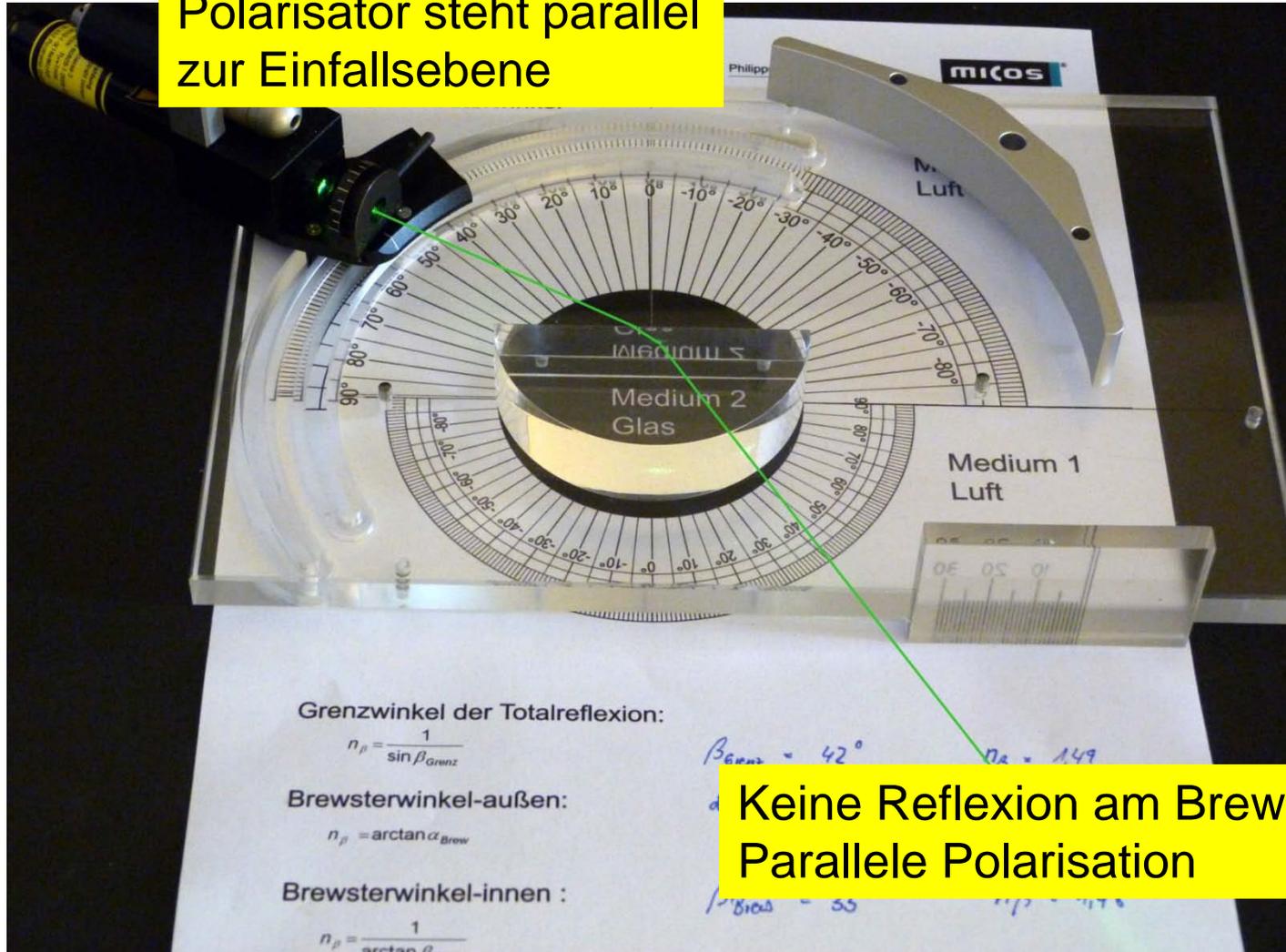
Reflexion von s-polarisiertem Licht

Polarisator steht senkrecht zur Einfallsebene



Verhalten an optischen Grenzflächen keine Reflexion von p-polarisiertem Licht

Polarisator steht parallel zur Einfallsebene

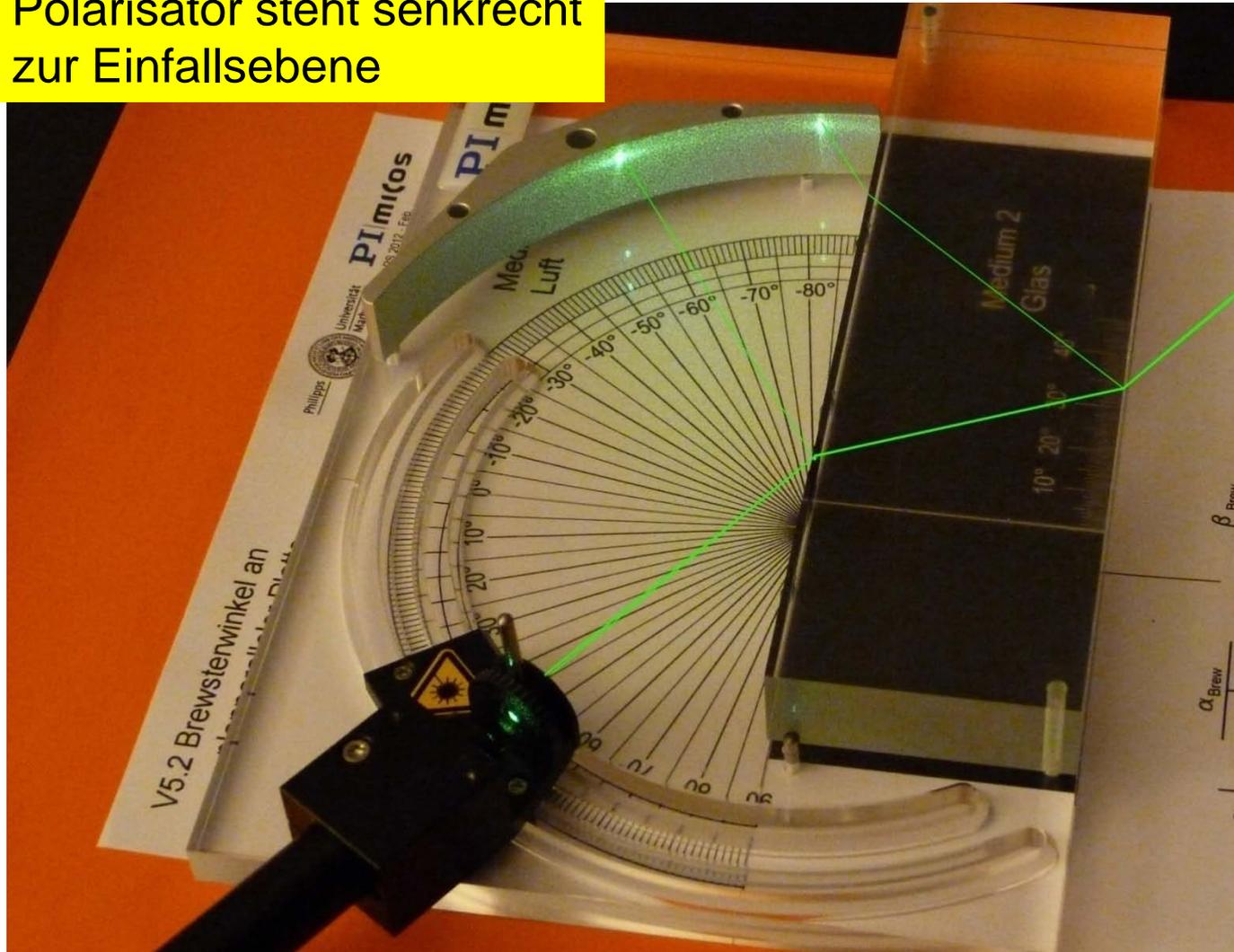


Keine Reflexion am Brewsterwinkel -
Parallele Polarisation

$$n_{\beta} = \arctan \alpha_{\text{Brew}} = \arctan 56^{\circ} = 1,48$$

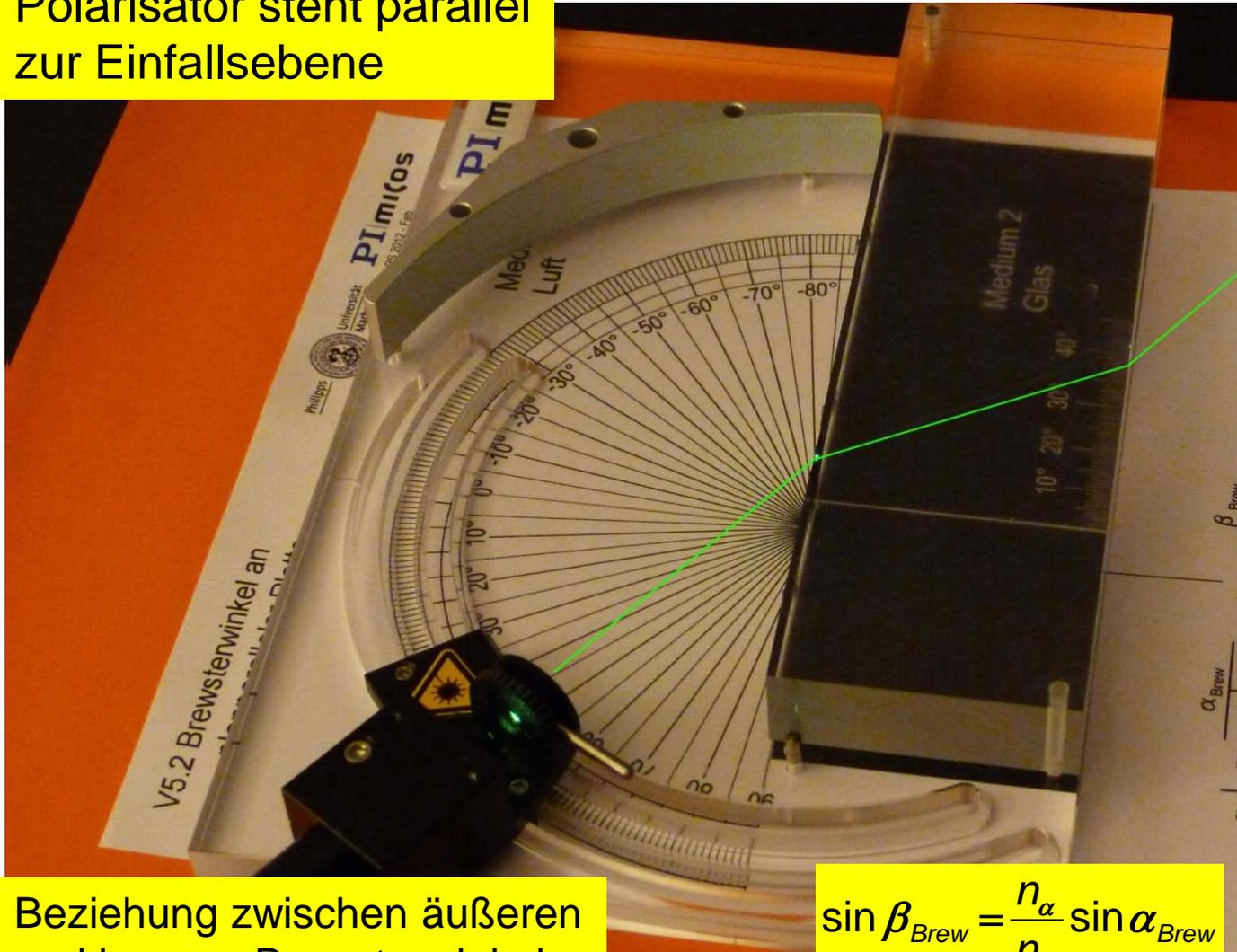
Brewsterwinkel - an der planparallelen Platte

Polarisator steht senkrecht zur Einfallsebene



V5.2: Brewsterwinkel - an der planparallelen Platte

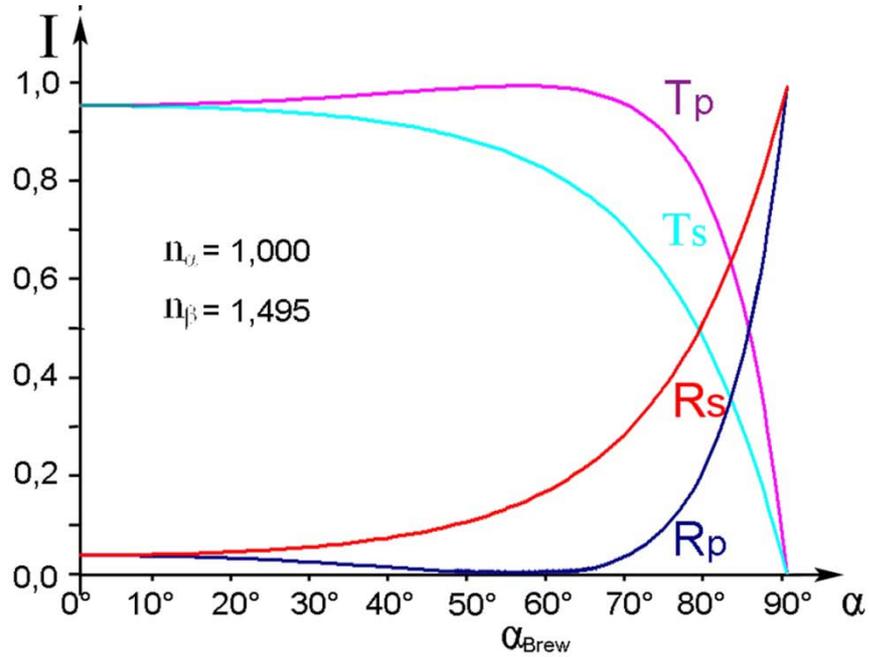
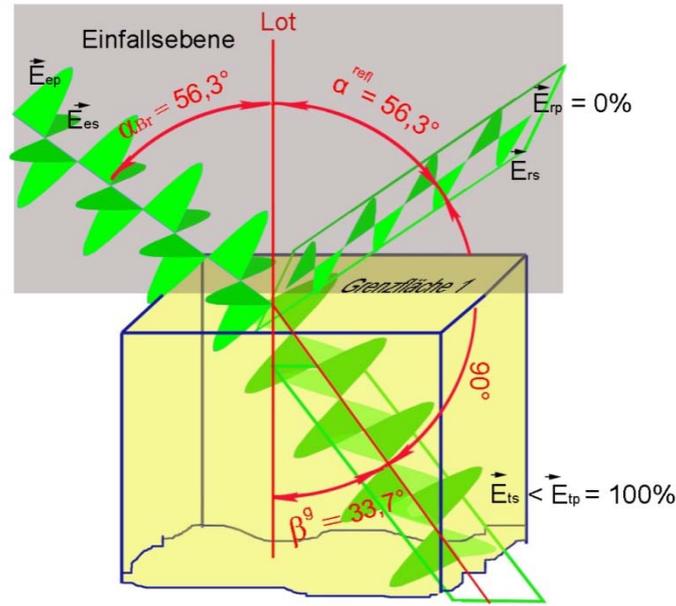
Polarisator steht parallel zur Einfallsebene



Beziehung zwischen äußeren und inneren Brewsterwinkel

$$\sin \beta_{\text{Brew}} = \frac{n_{\alpha}}{n_{\beta}} \sin \alpha_{\text{Brew}}$$

Brewsterwinkel – Spezialfall der Fresnelschen Formeln



$$R_p = r_p^2 = \frac{\tan^2(\alpha - \beta)}{\tan^2(\alpha + \beta)}$$

$$T_p = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \frac{[2 \sin \beta \cos \alpha]^2}{[\sin(\alpha + \beta) \cos(\alpha - \beta)]^2}$$

$$R_s = r_s^2 = \frac{\sin^2(\alpha - \beta)}{\sin^2(\alpha + \beta)}$$

$$T_s = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \frac{[2 \sin \beta \cos \alpha]^2}{\sin^2(\alpha + \beta)}$$

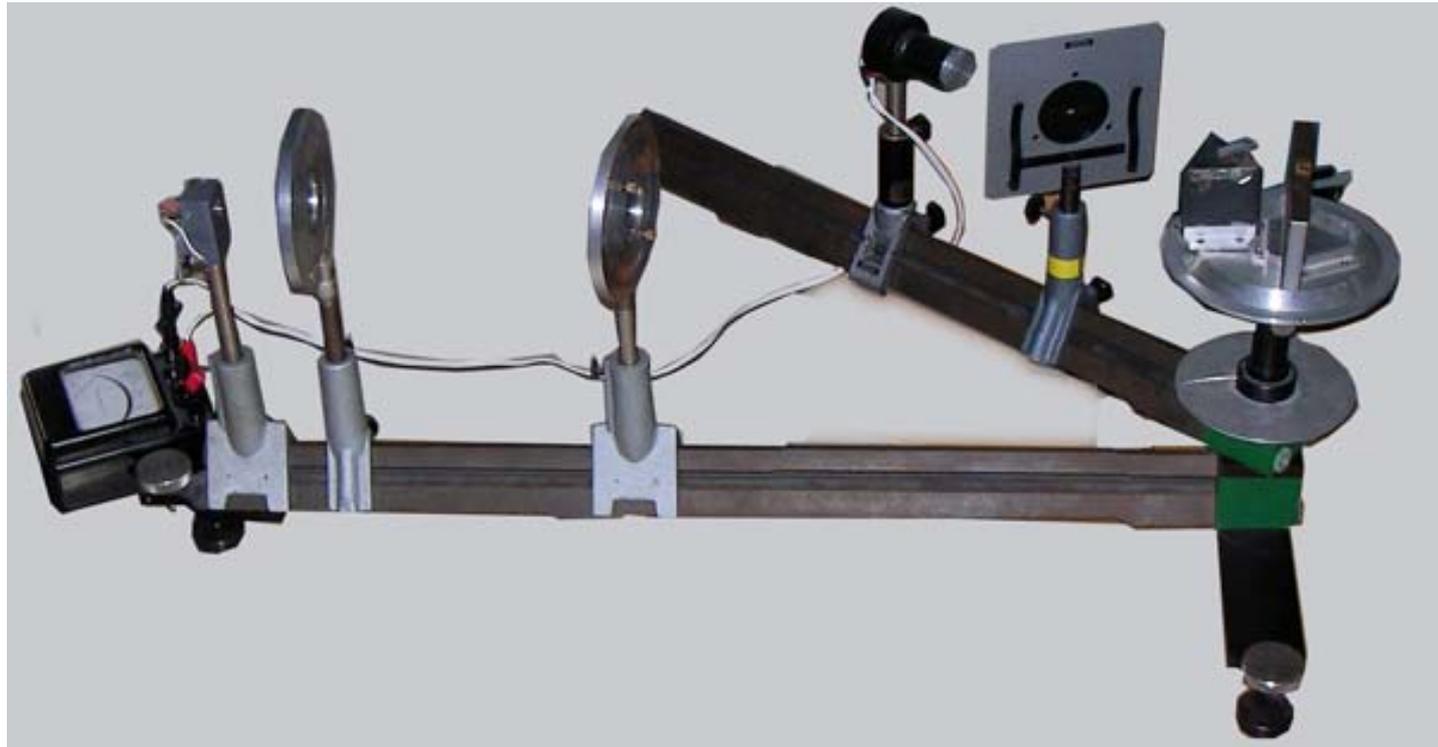
2. Der Brewsterwinkel das Tor zur Wellenoptik

Vom LASER-OPTIK-KIT „Snellius“ zum
Versuchsaufbau „Fresnel“

Ein variantenreicher Aufbau
zum Messen von Intensitäten von linear
polarisiertem Licht
Reflexionen und Transmissionen

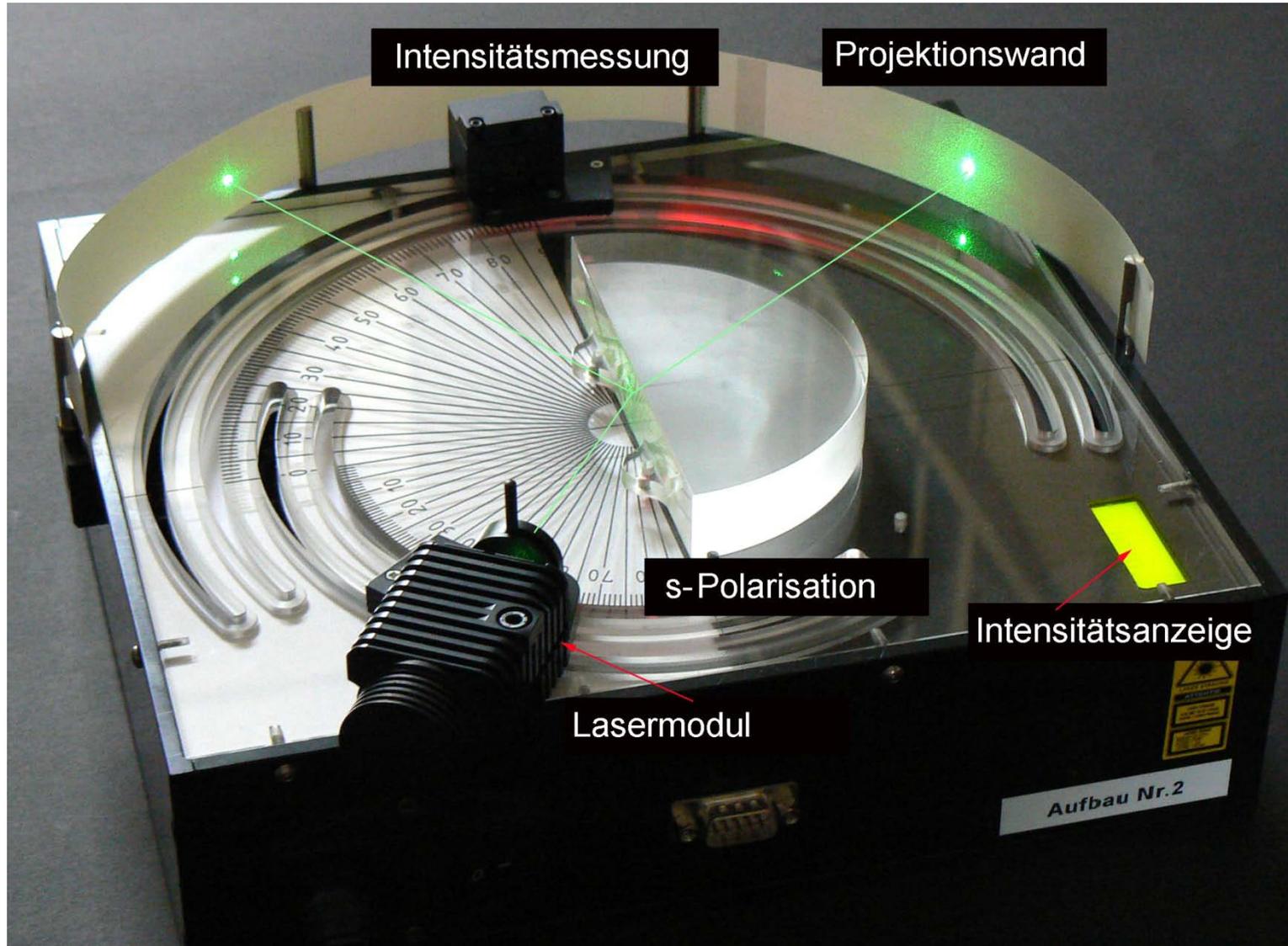
Versuchsaufbau „Fresnel für Physikstudierende

Messung der Intensitäten (R) von linear polarisiertem Licht

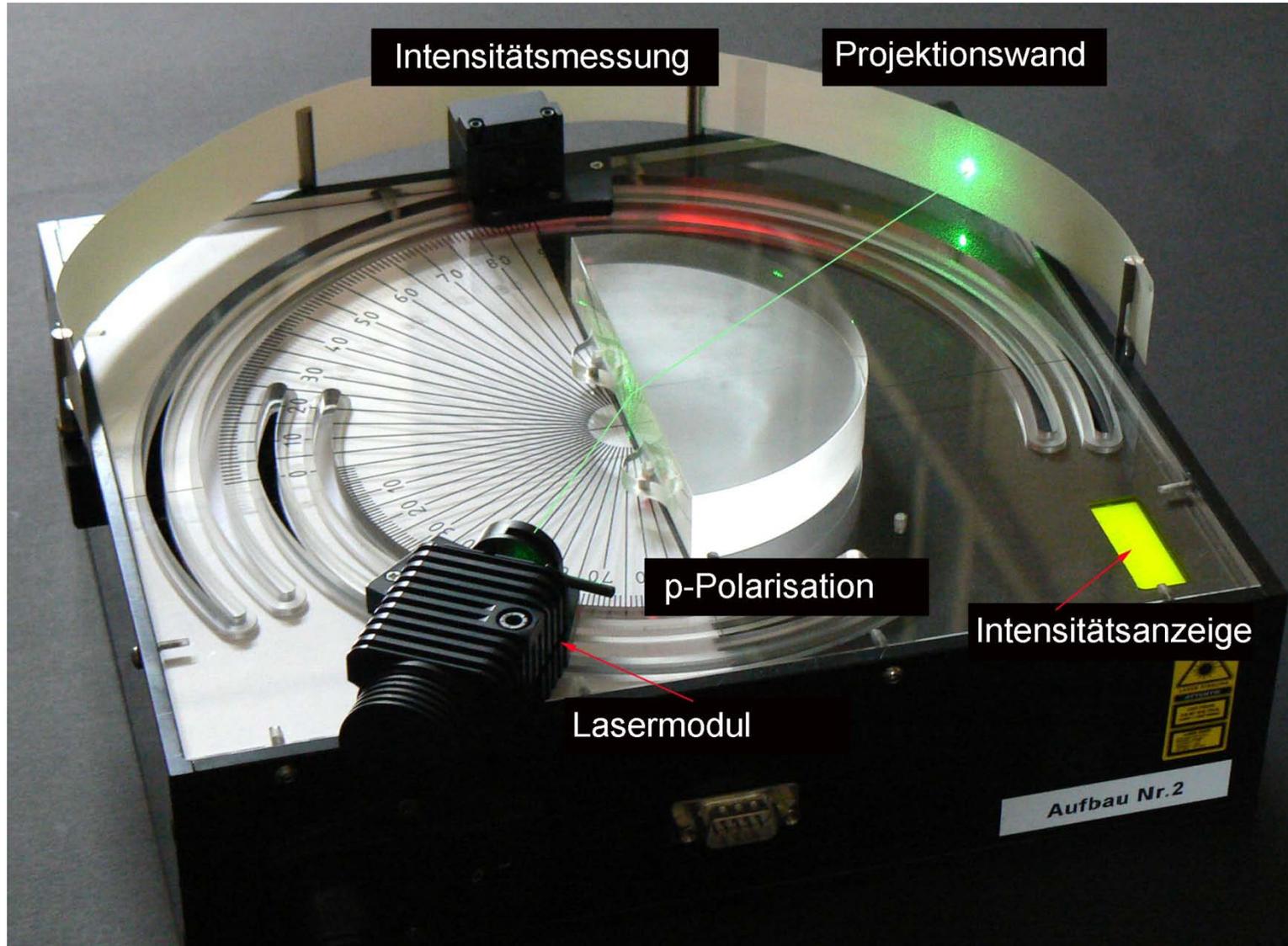


Versuchsaufbau nach Pohl - schwierig zu justieren

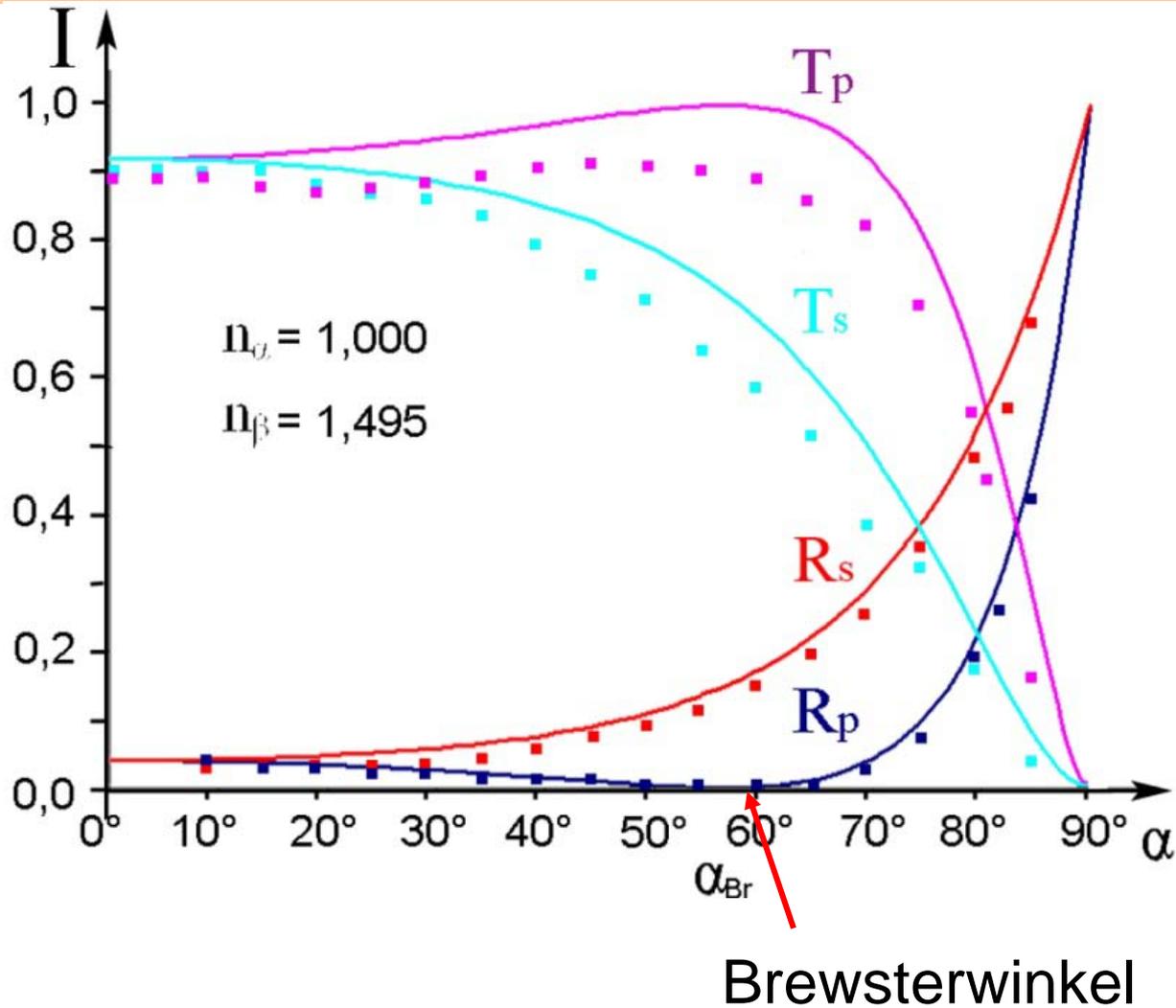
Kompakter Versuchsaufbau „Fresnel“



Kompakter Versuchsaufbau „Fresnel“



Experimentelle ermittelte Reflexions- und Transmissionsgrade mit Theorievergleich



3. Von gekreuzten Polarisatoren zur optischen Aktivität

- optische Aktivität

rechtsdrehende und linksdrehende Substanzen

Wellenlängenabhängigkeit

λ - bei 589 nm Na Duplett

M - Material

d - Probendicken

Q - Stoffkonzentration bei Flüssigkeiten

Versuchsaufbau LASER-OPTIK-KIT „Snellius“

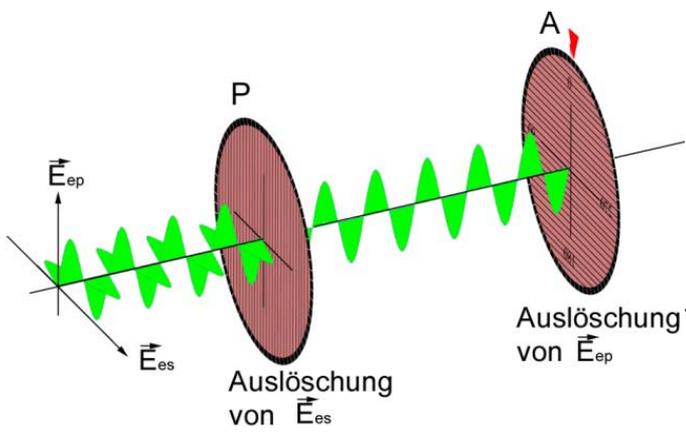
Wellenlängenabhängigkeit wird auf 532 und 650 nm erweitert:

Basic für Polarisationsversuch

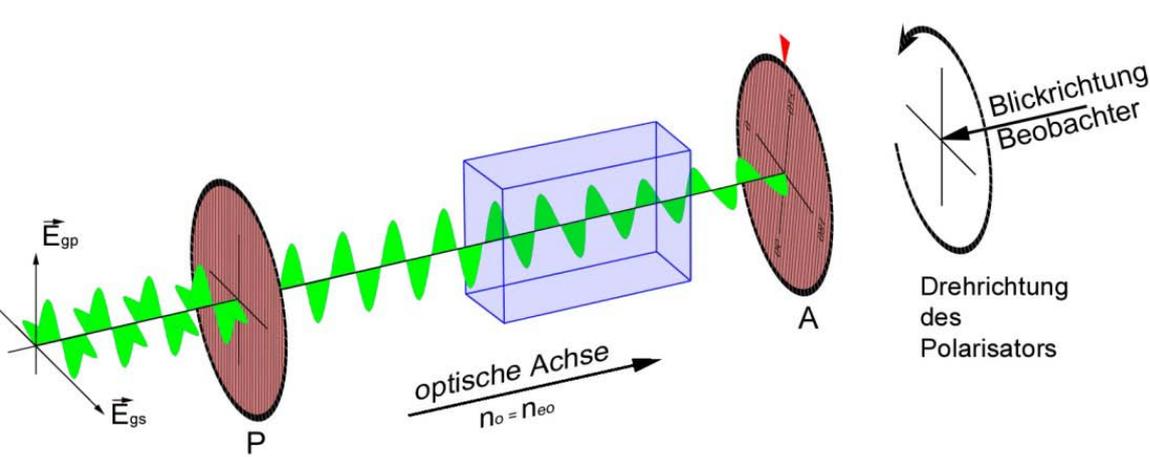
λ - Wellenlänge 419 bis 656 nm

Linear polarisiertes Licht - Optische Aktivität

Gekreuzte Polarisatoren

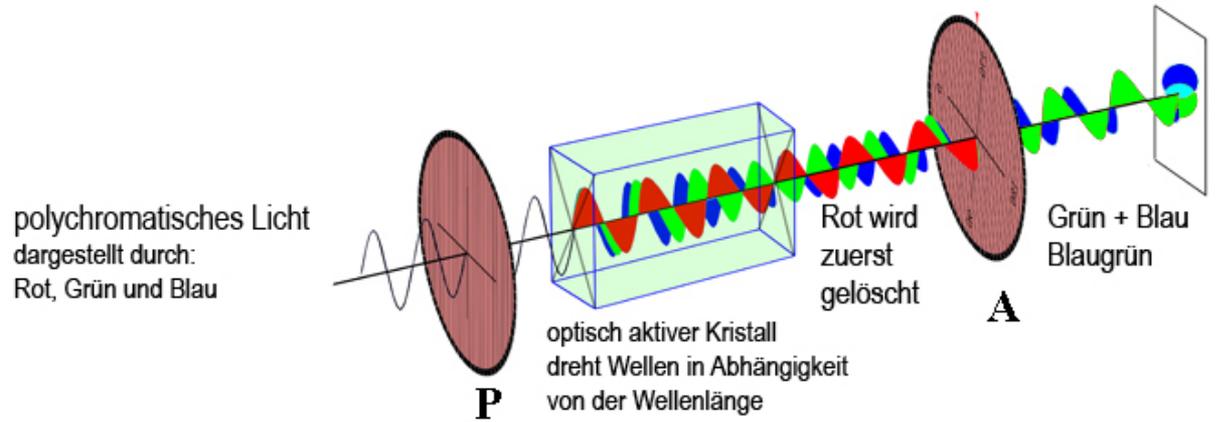


Optische Aktivität



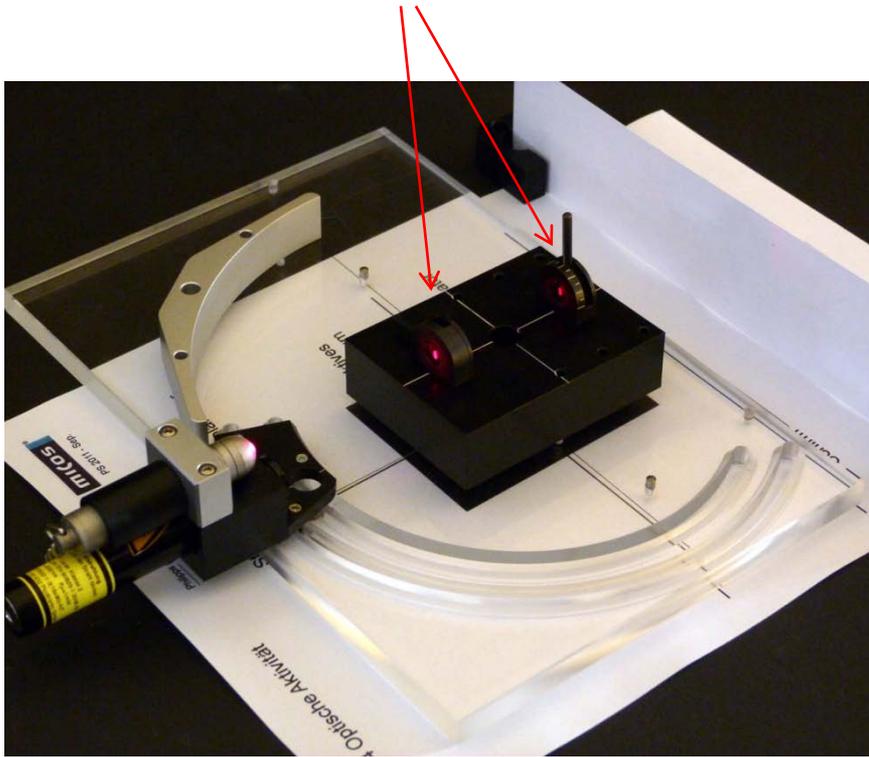
Optische Aktivität ist wellenlängenabhängig

Rotationsdispersion



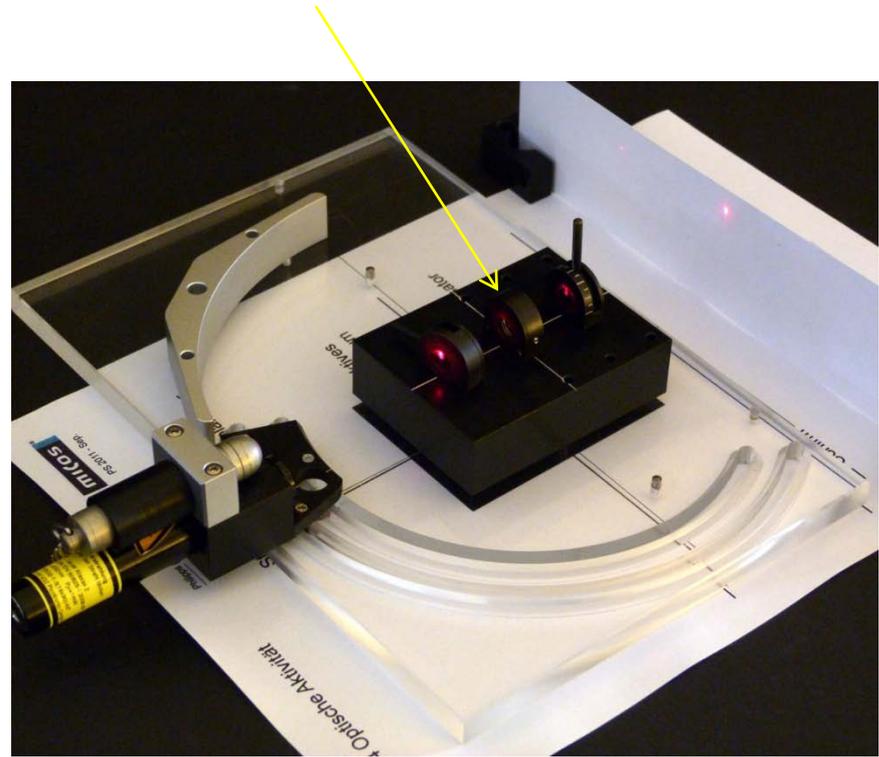
Linear polarisiertes Licht – Optische Aktivität

Gekreuzte Polarisatoren



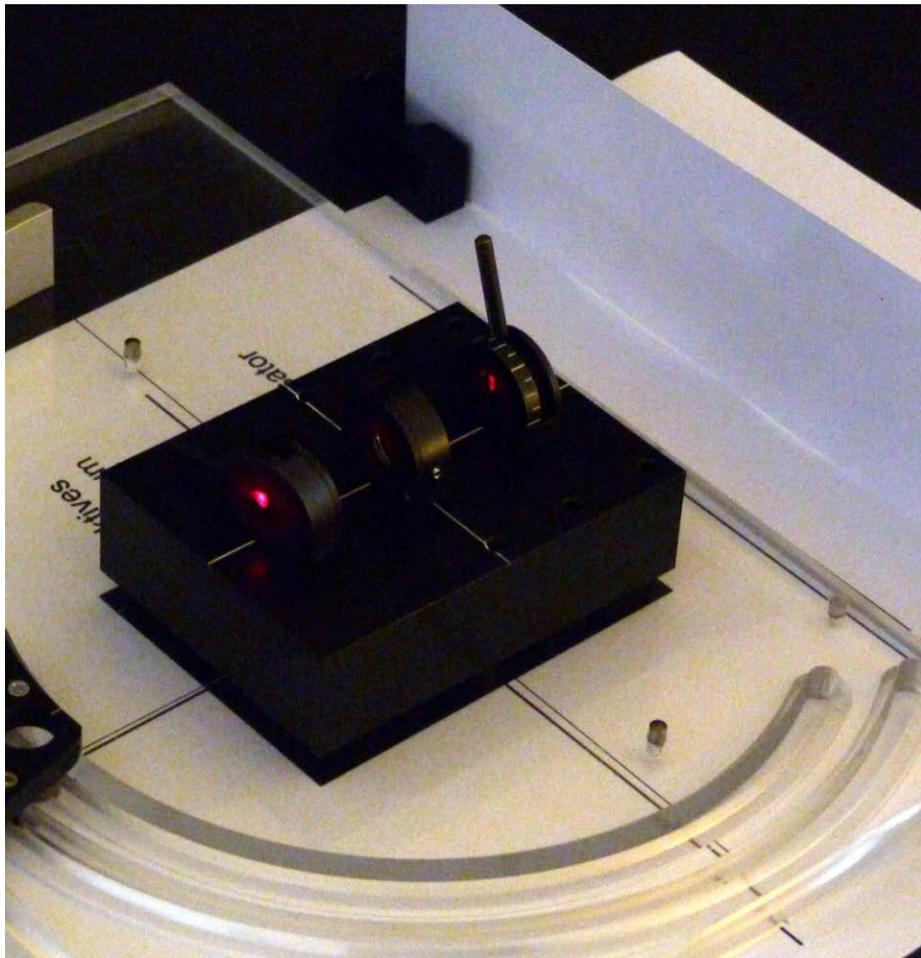
Auslöschung der Wellen

Optisch aktives Medium dreht Schwingungsebene der Wellen

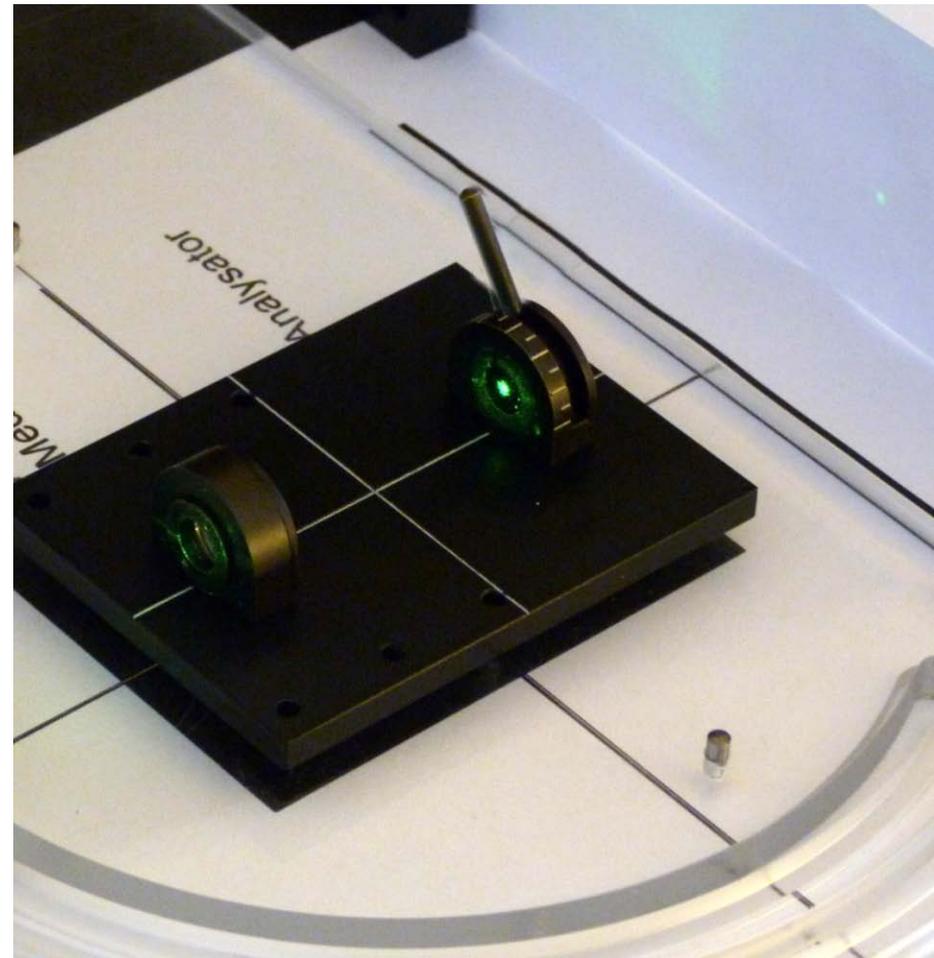


Keine Auslöschung der Wellen

Optische Aktivität ist wellenlängenabhängig



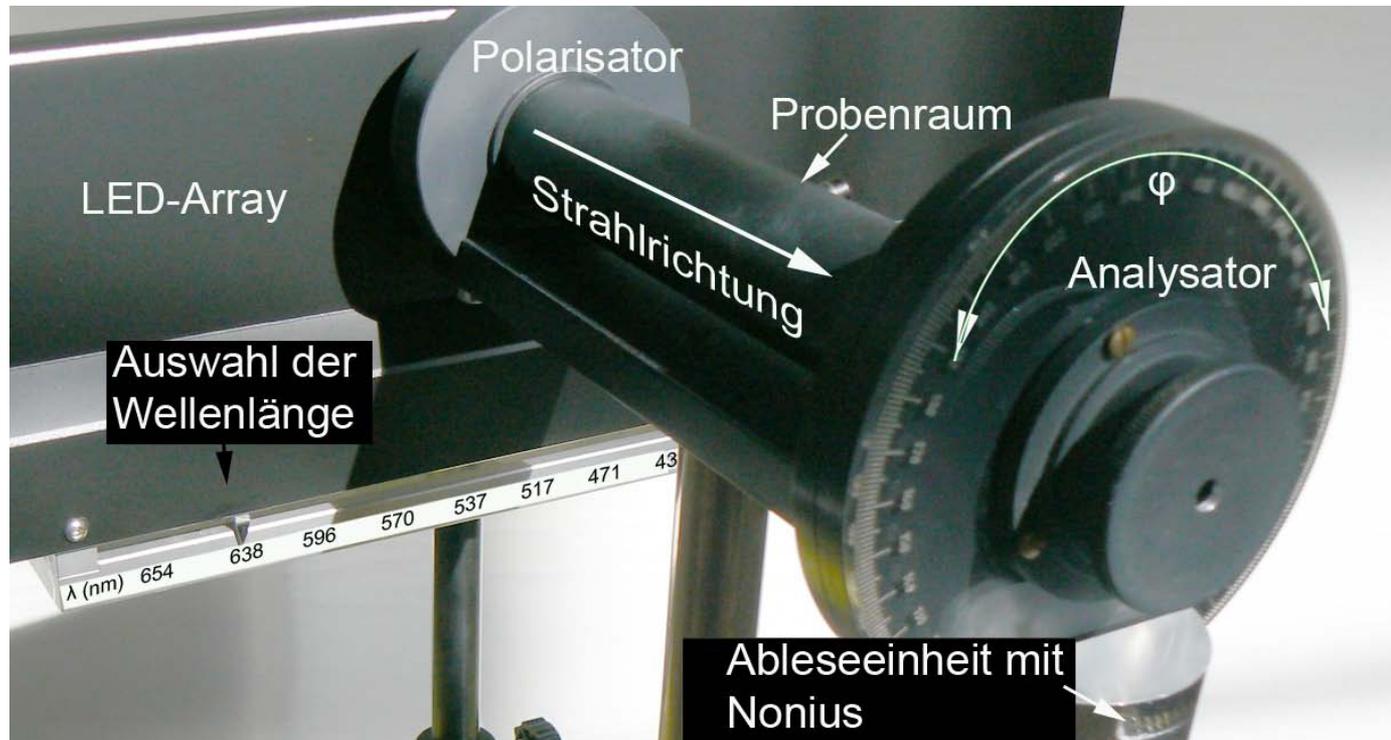
$$\alpha (650\text{nm}) = 20 \text{ /mm}$$



$$\alpha (532\text{nm}) = 28 \text{ /mm}$$

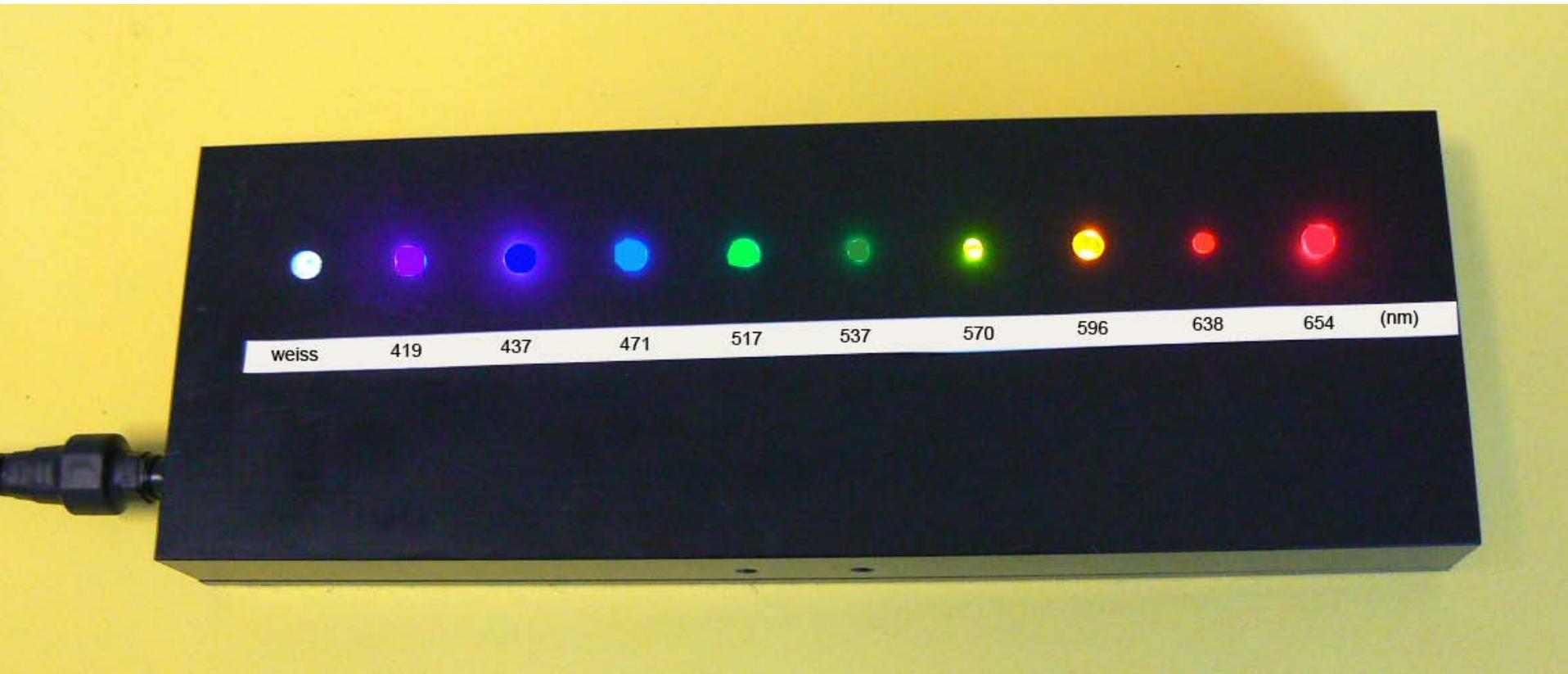
Versuchsaufbau Polarisation

LED – Array Optische Aktivität von 420 bis 654 nm

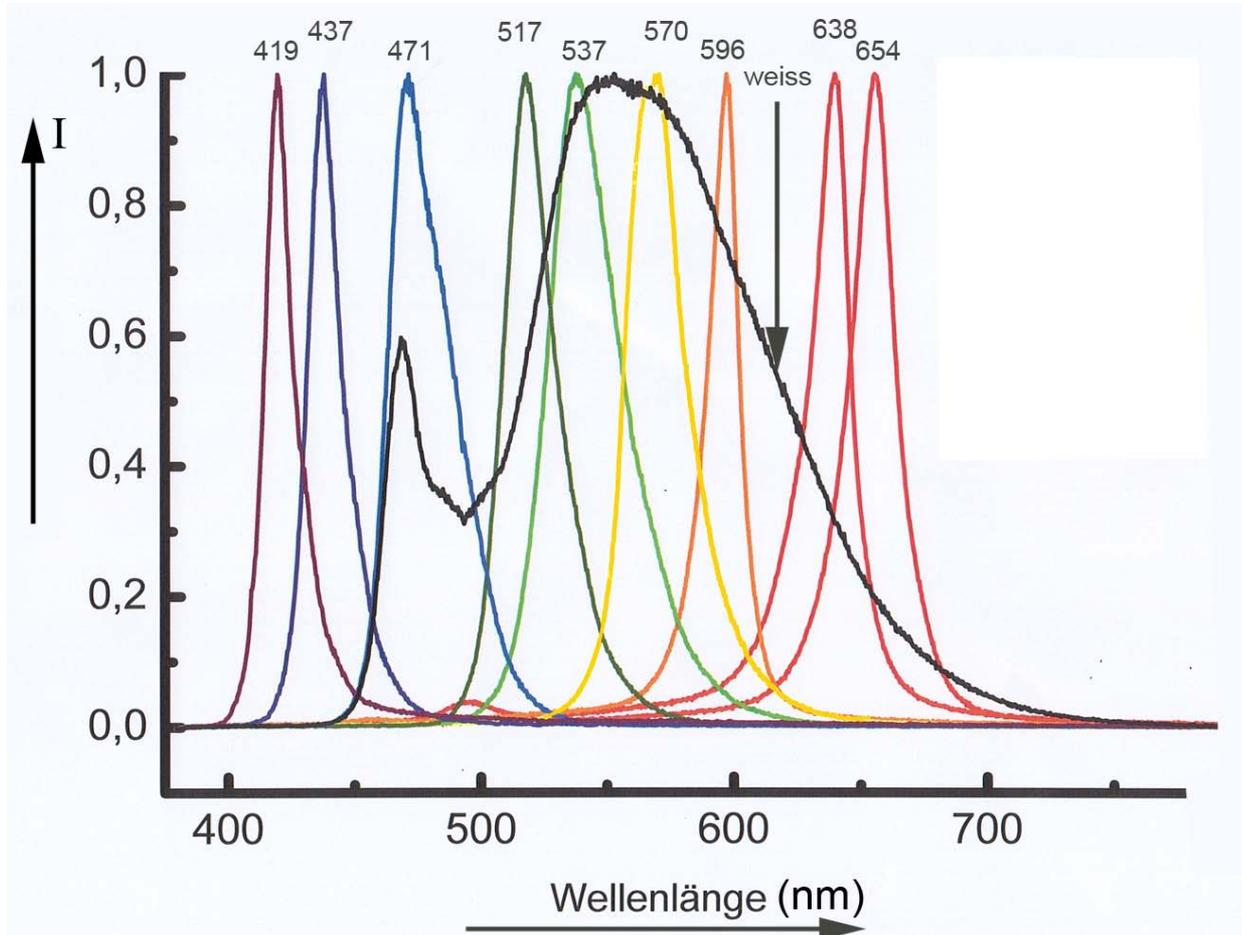


Versuchsaufbau Polarisation

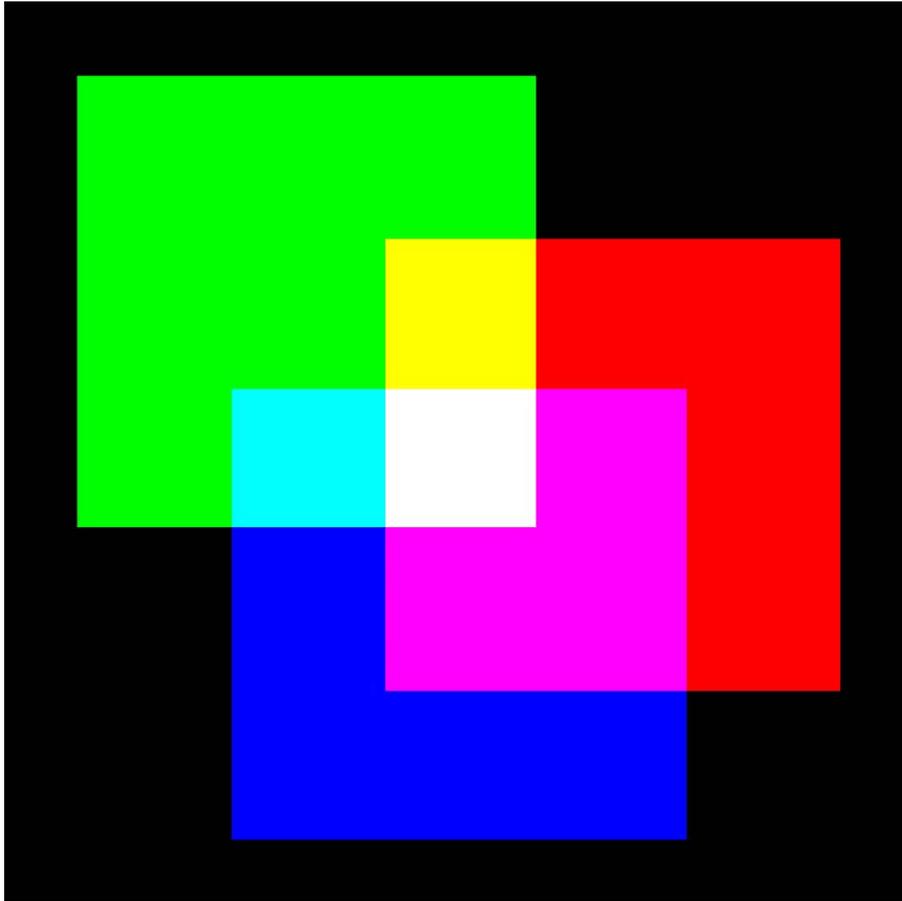
LED – Array Optische Aktivität von 420 bis 654 nm



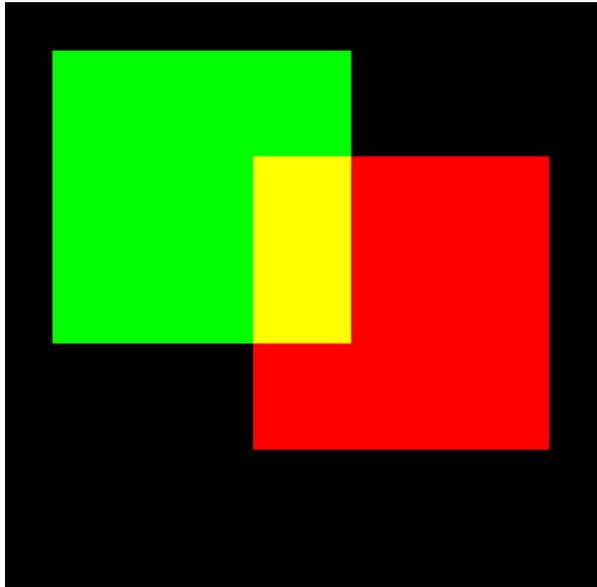
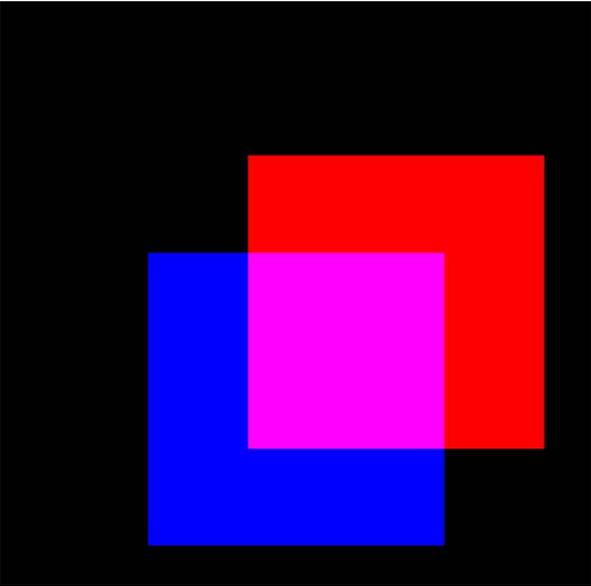
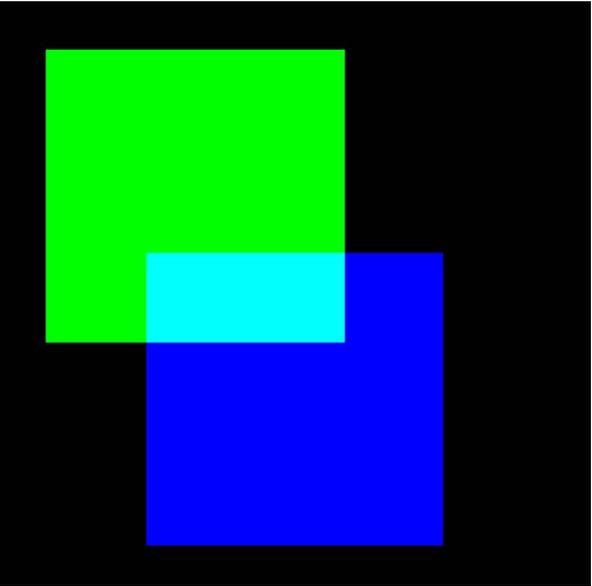
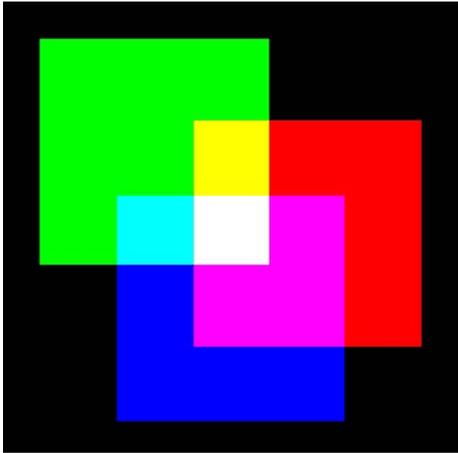
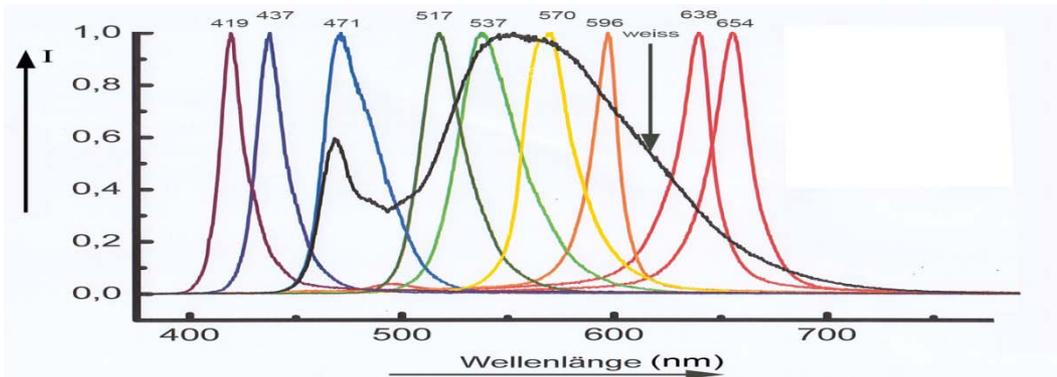
V6.1: Linear polarisiertes Licht - Optische Aktivität



Rotationsdispersion - Bestimmung des Drehvemögens

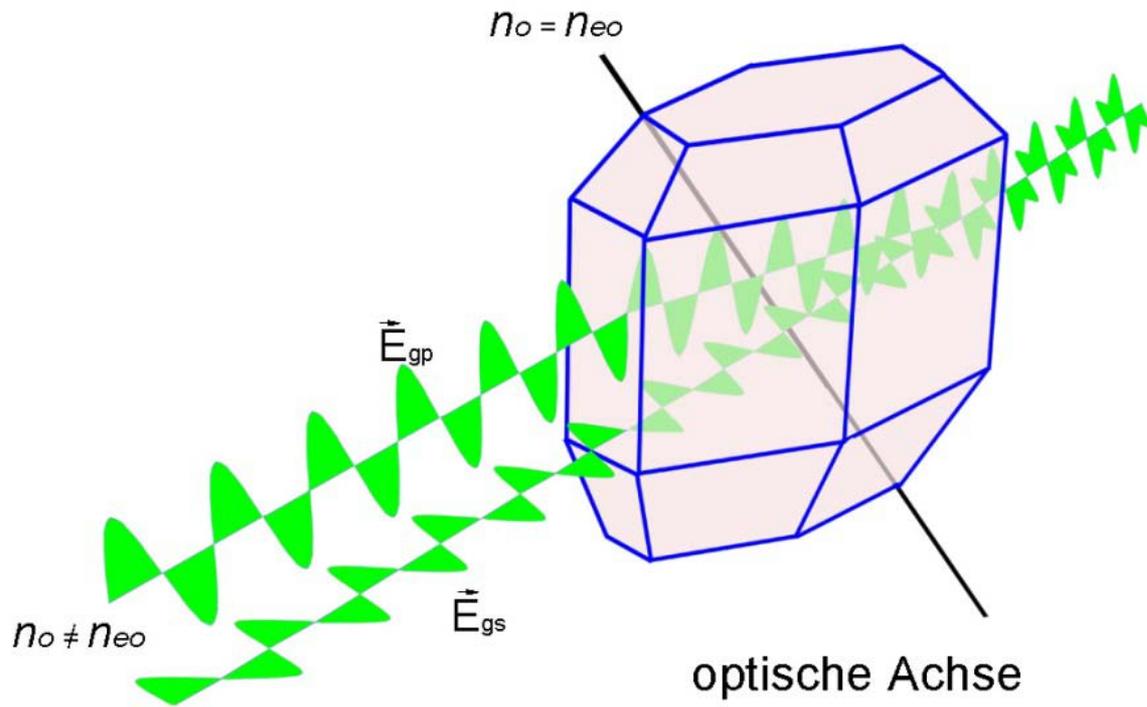


Rotationsdispersion – Bestimmung des Drehvermögens



Wieder zum OPTIK-LASER-KIT „Snellius“

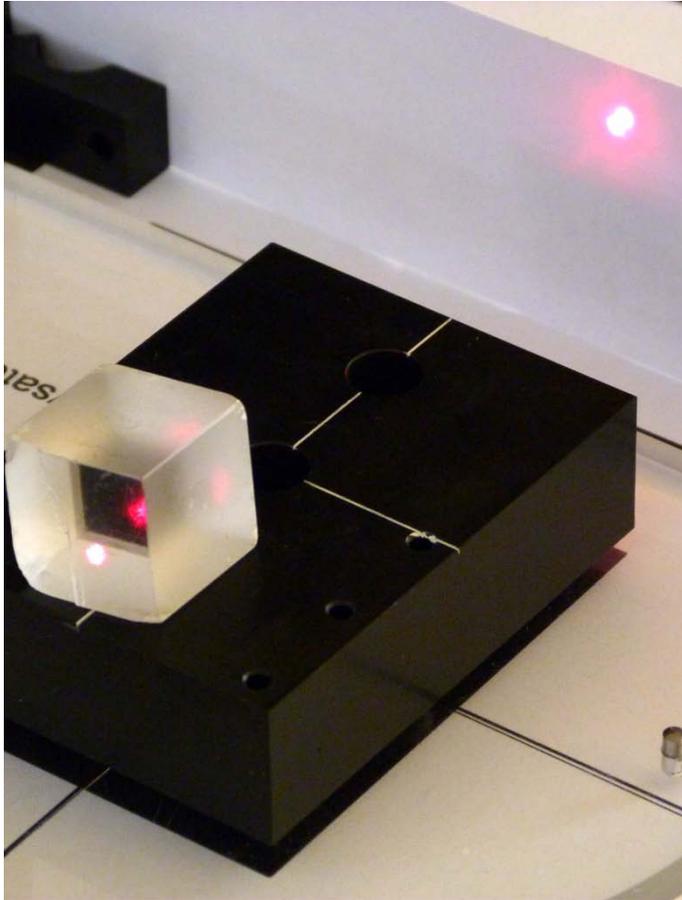
Doppelbrechung



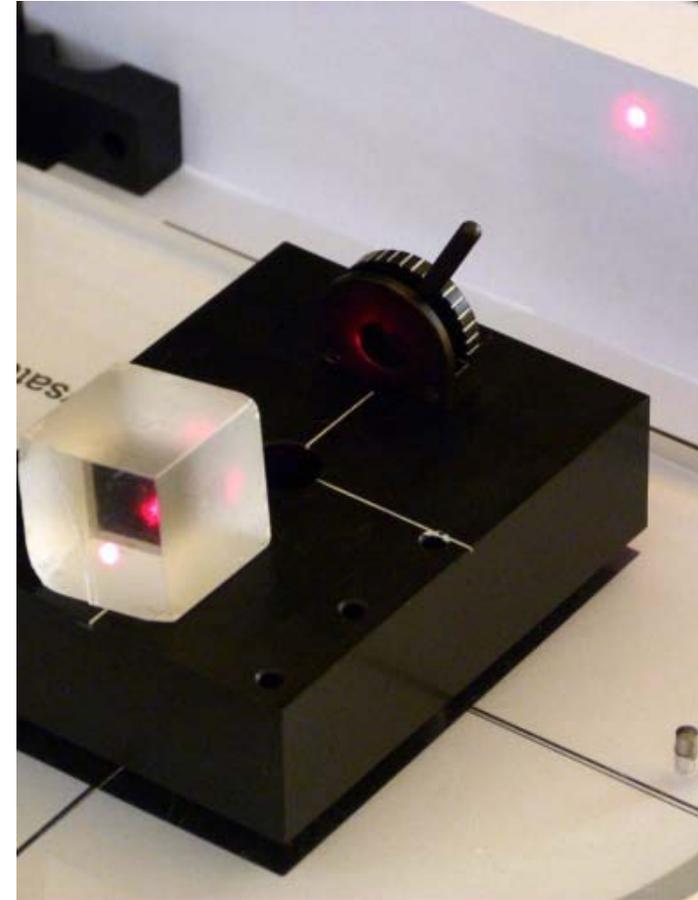
Kristall erzeugt zwei
linear polarisierte Strahlen,

die senkrecht zueinander
polarisiert sind

Doppelbrechung am Beispiel von rotem Licht



Kristall erzeugt zwei Strahlen



- die linear polarisiert sind
- stehen senkrecht zueinander

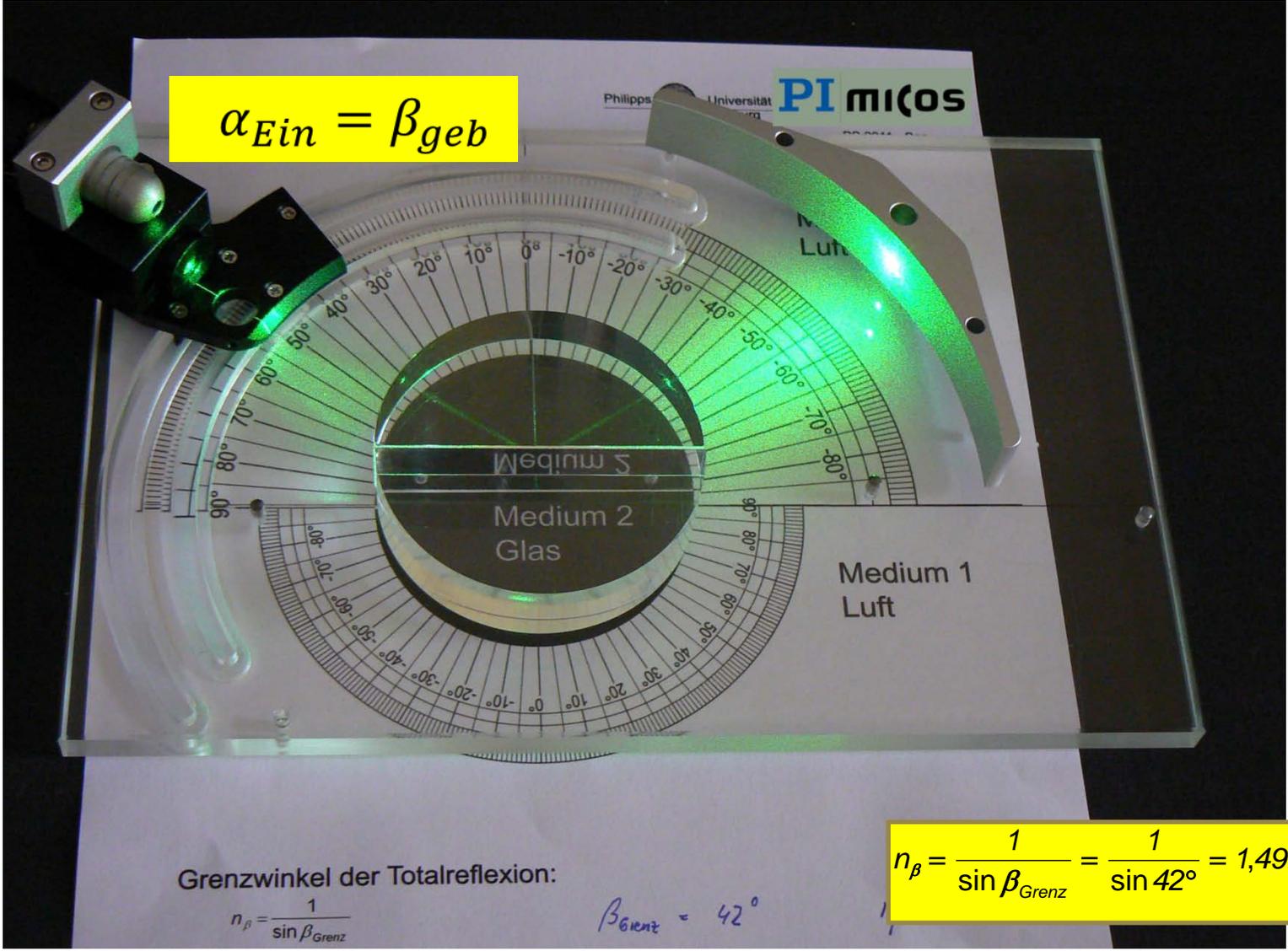
4. Spektroskopie

von den Basics

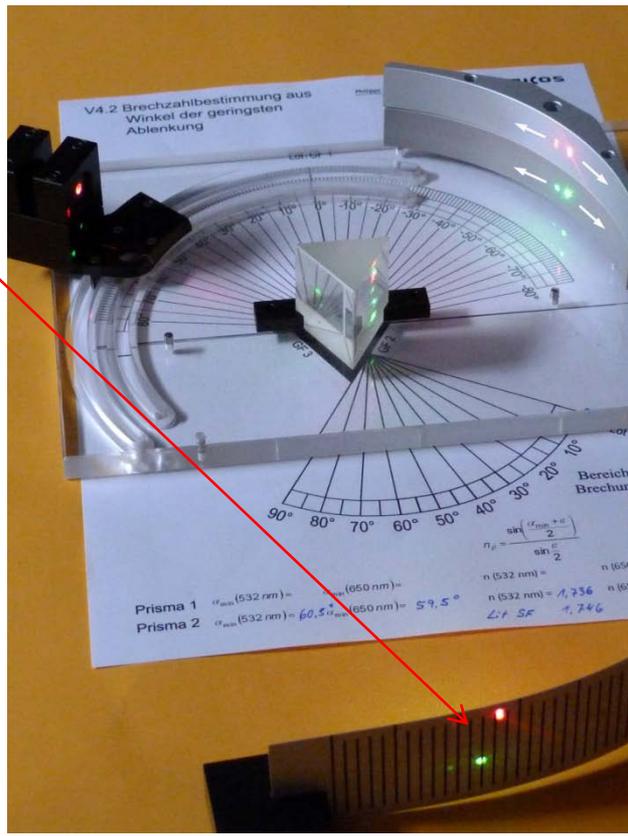
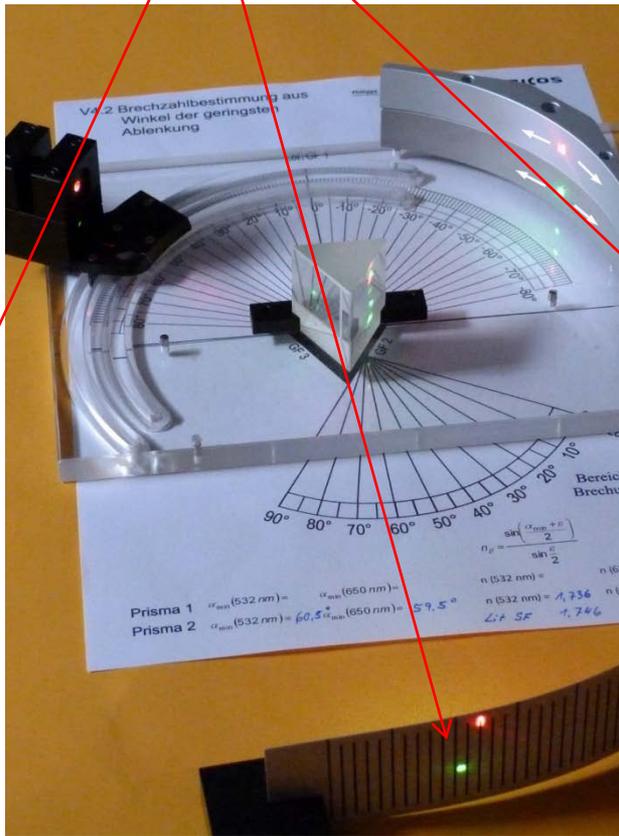
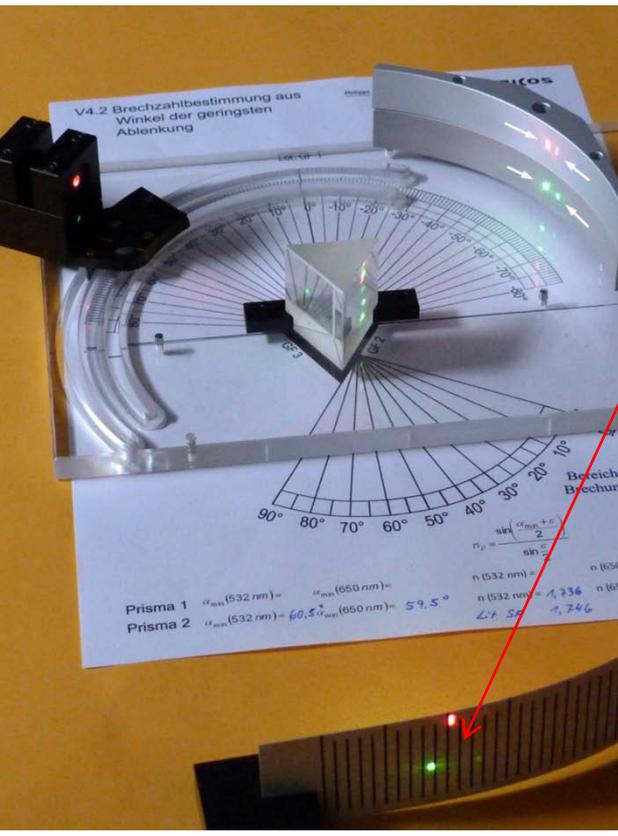
- Halbkreisscheibe
- Prisma
- Gitter

zum Spektralapparat

Brechzahlbestimmung Grenzwinkel der Totalreflexion



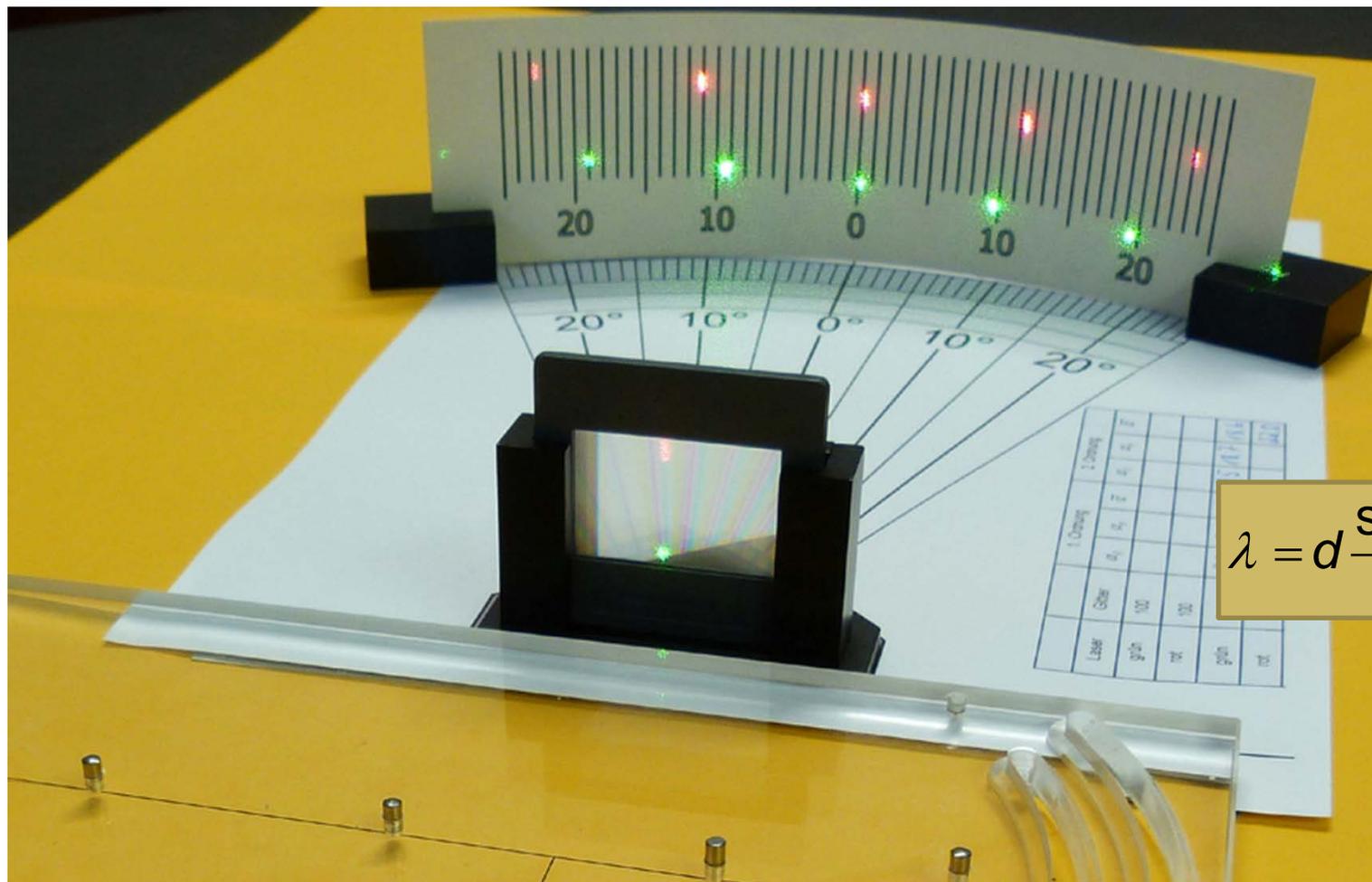
Brechzahl ist wellenlängenabhängig



**Bestimmung:
Winkel der geringsten Ablenkung**

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\epsilon + \alpha_{\min}}{2}\right)}{\sin\frac{\epsilon}{2}}$$

Wellenlängenbestimmung mittels Beugungsgittern



$$\lambda = d \frac{\sin \Theta}{k}$$

- Beugung am Gitter 300 Laserstrahl grün und rot

Beugung elektromagnetischer Wellen ist wellenlängenabhängig

Spektralapparat für Gitter und Prisma



V7: Spektralapparat für Gitter und Prisma

Umbauten:

- Tische für Spektrometer
- Lupe für Ableseeinheit
- Beleuchtungen für Ableseeinheit
- Fernrohr
- Arbeitsplatz

Aufnahme für Spektrallampen

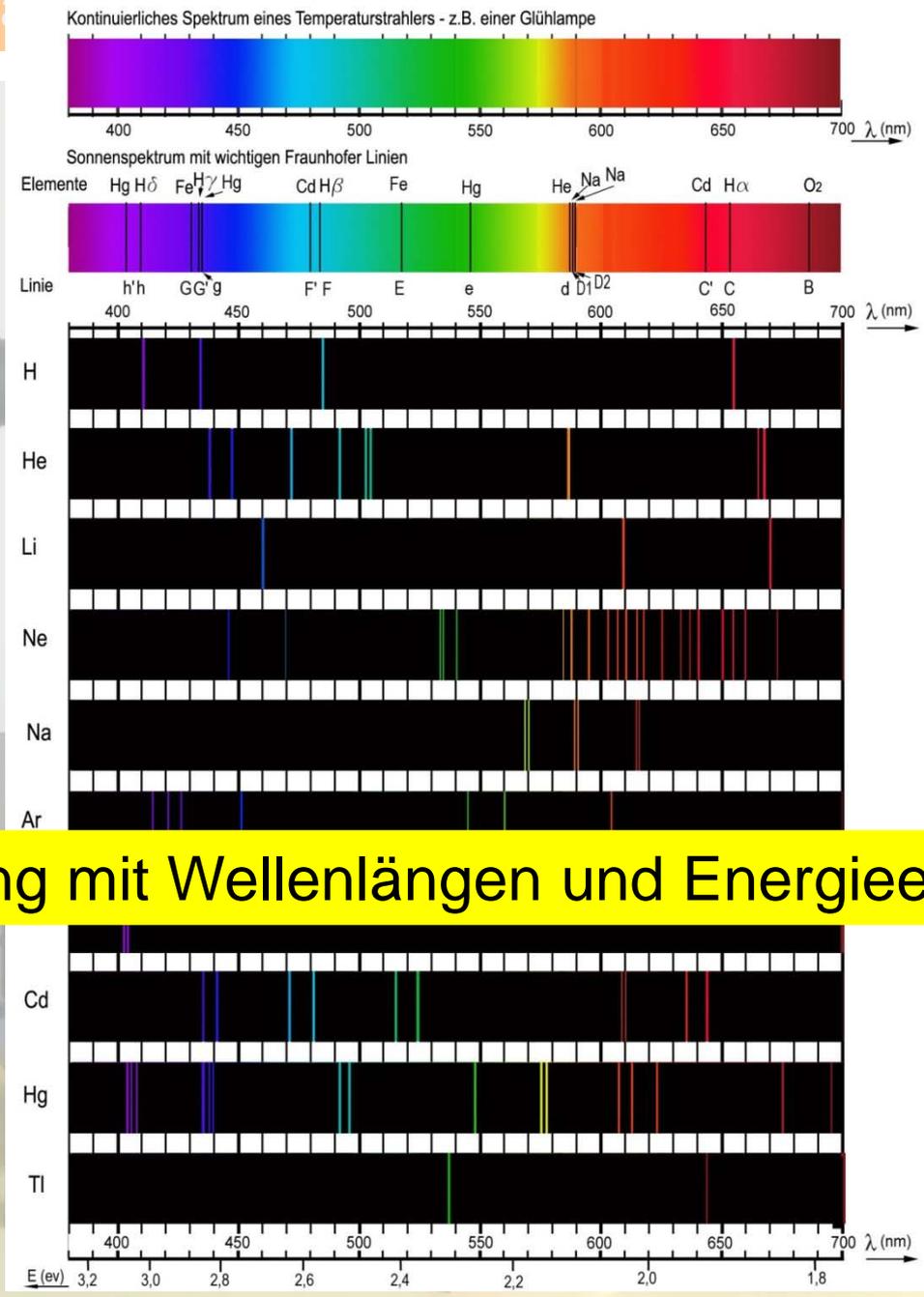
- Helium
- Quecksilber
- Natrium
- Neon
- Cadmium
- Thallium

ALIMENTATION POUR
LAMPES SPECTRALES

Achtung

Spektrallampe füllen
max. 5min
nicht Ausschalten erneut
Einschalten

Spektraltafel



Indizierung mit Wellenlängen und Energieeinheiten



5. Von Strahlen zu Bildern

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

Grundgleichung

$$D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_\beta}{n_\alpha} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

Linsengleichung

Linsenschleiferformel

$$D_{ges} = \frac{1}{f_{ges}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{f_1 \cdot f_2}$$

Gl. für Linsensysteme

$$D_{ges} = \frac{1}{f_{ges}} = D_1 + D_2 - D_1 D_2 e$$

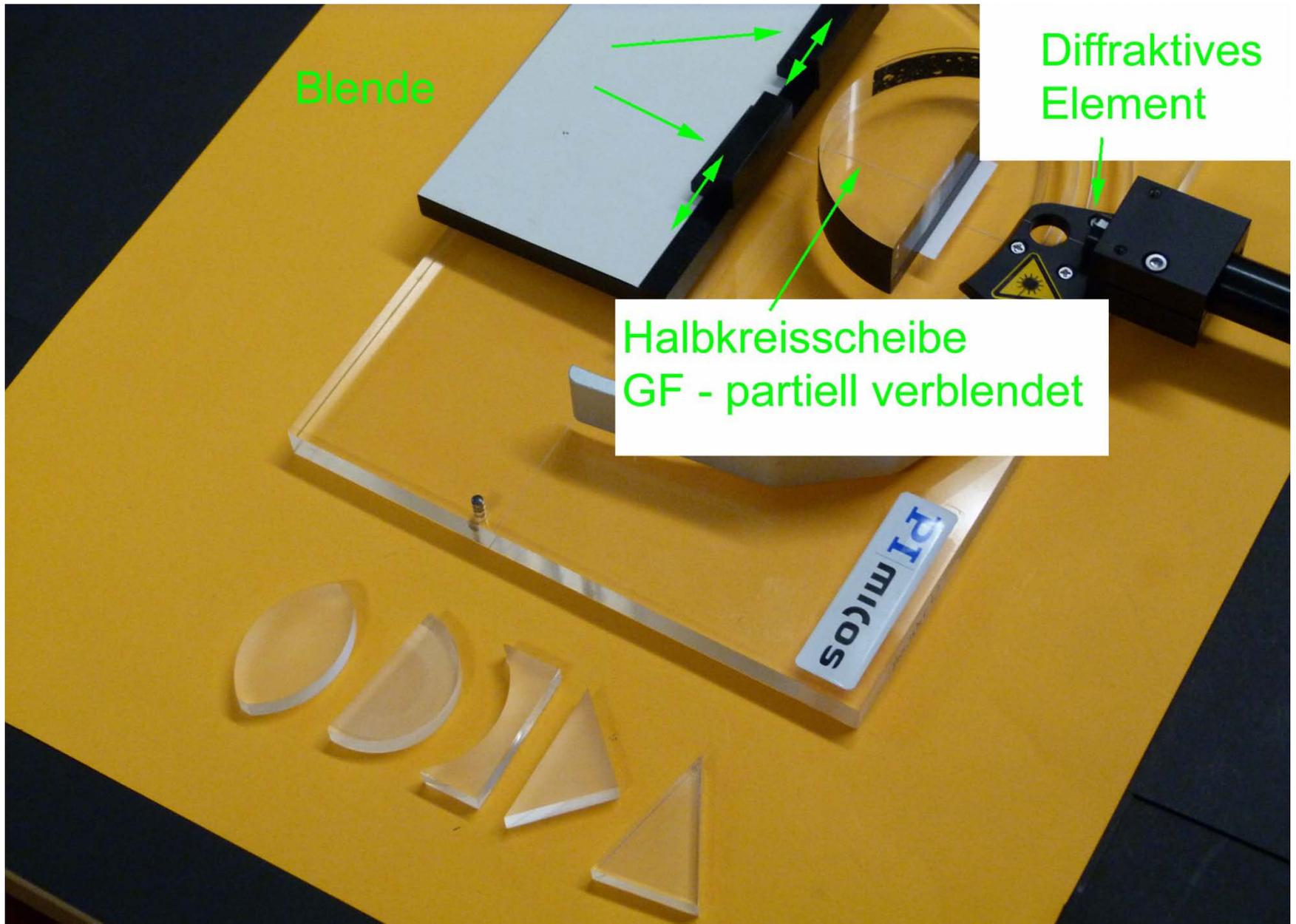
Augenoptikergleichung
für Linsensysteme

$$S_{H1} = \frac{ef_1}{f_1 + f_2 - e}$$

$$S_{H2} = \frac{-ef_2}{f_1 + f_2 - e}$$

Lage der Hauptebenen

Geometrische Optik



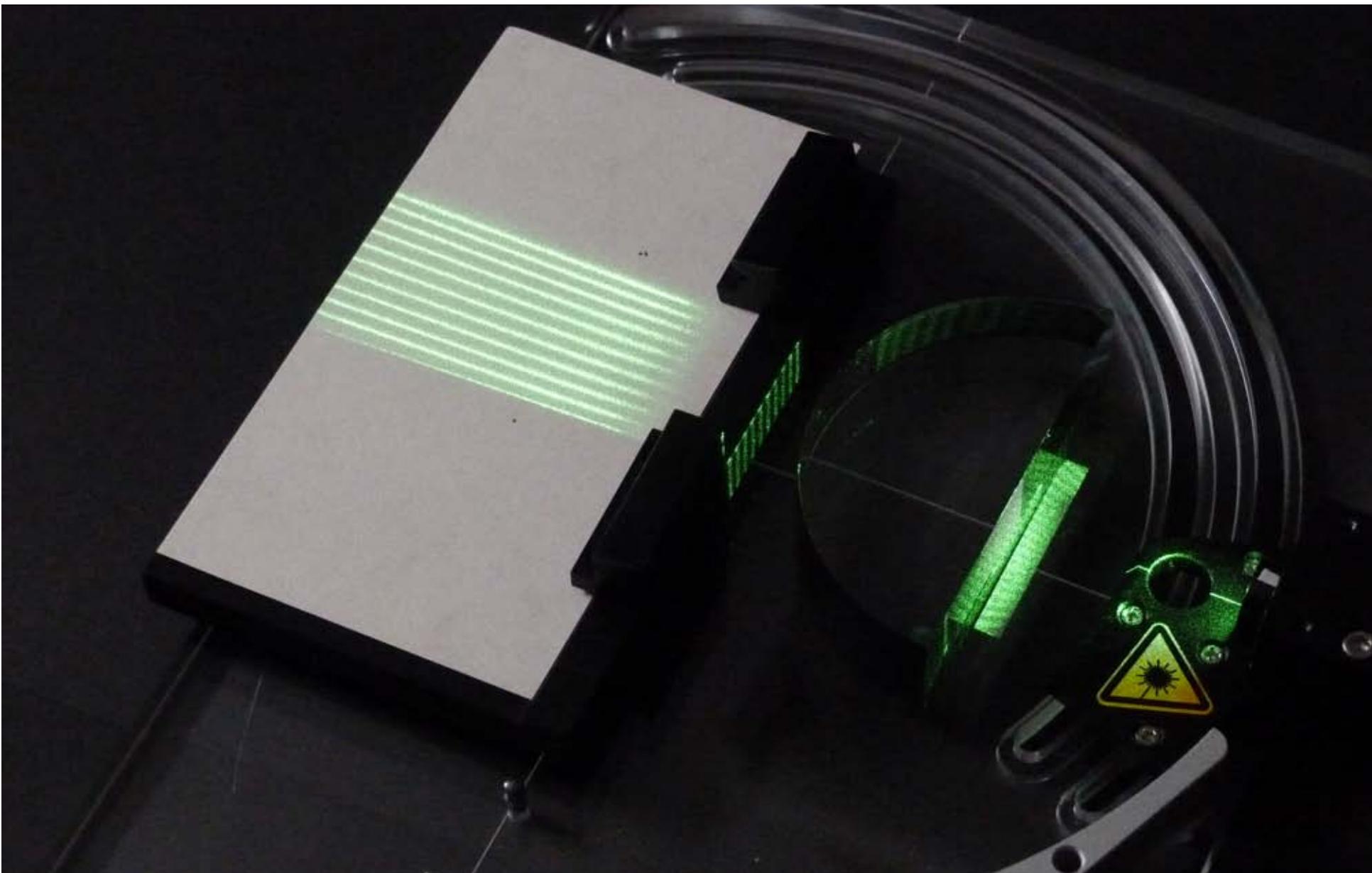
Blende

Diffraktives
Element

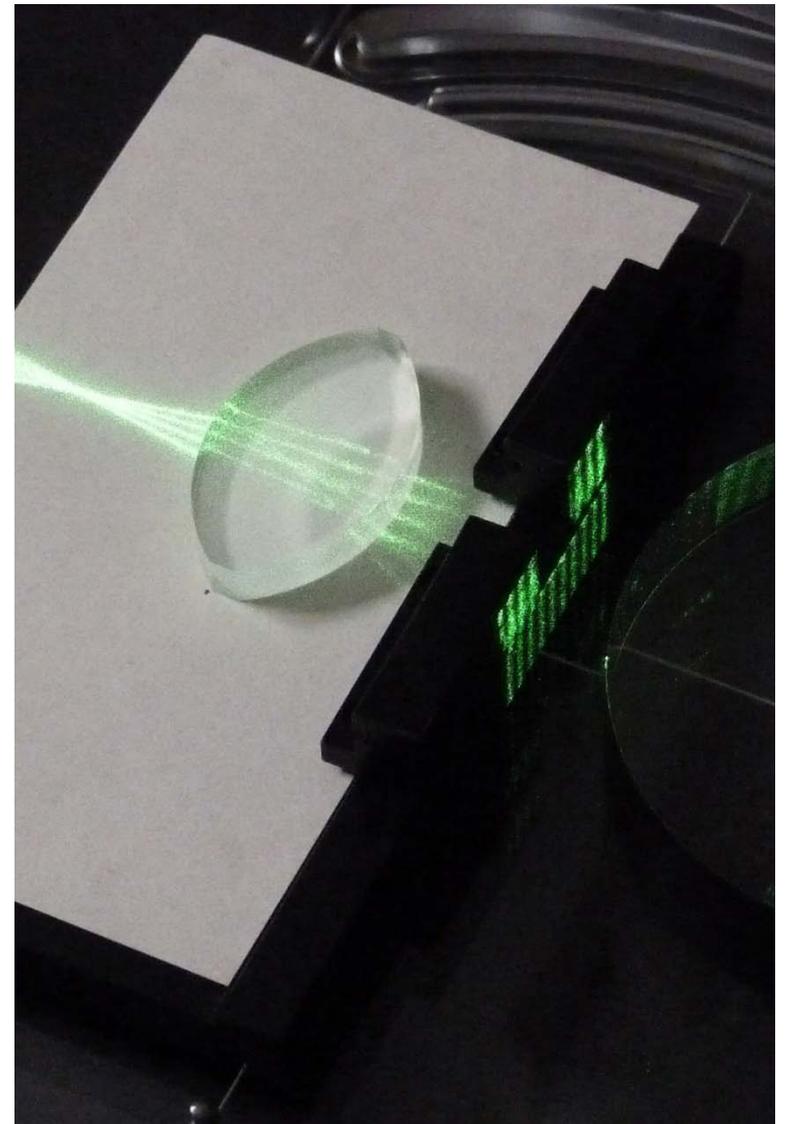
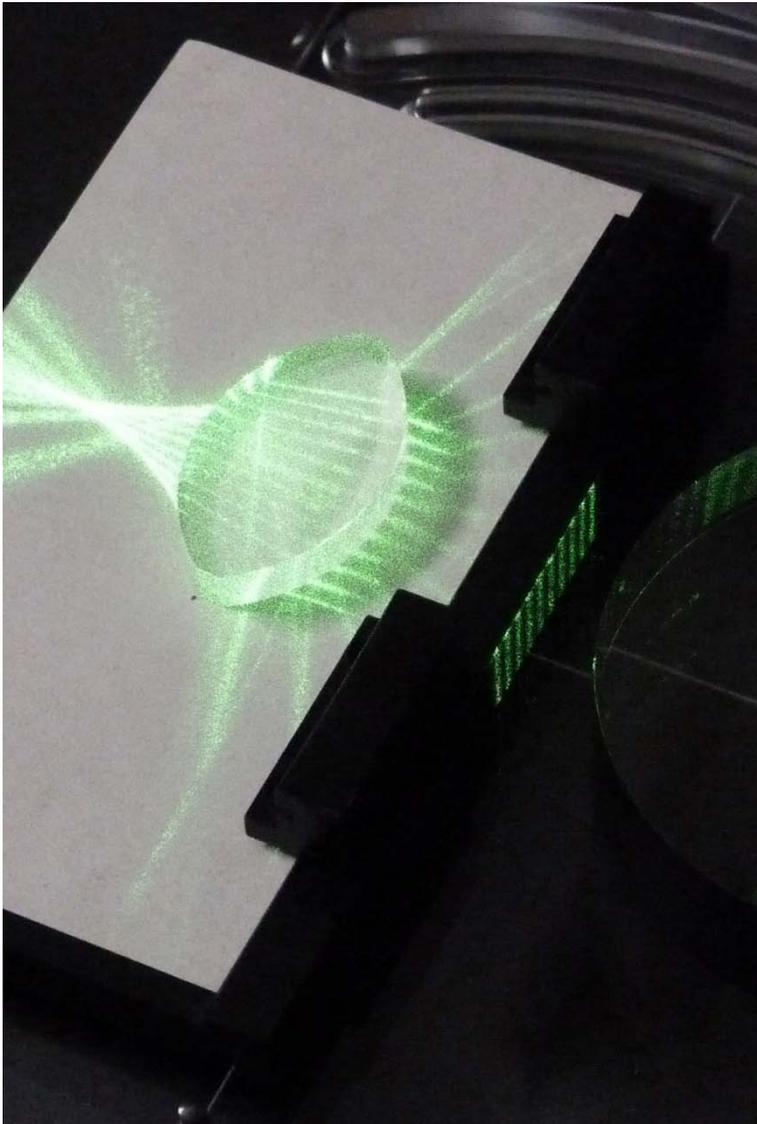
Halbkreisscheibe
GF - partiell verblendet

PI
micros

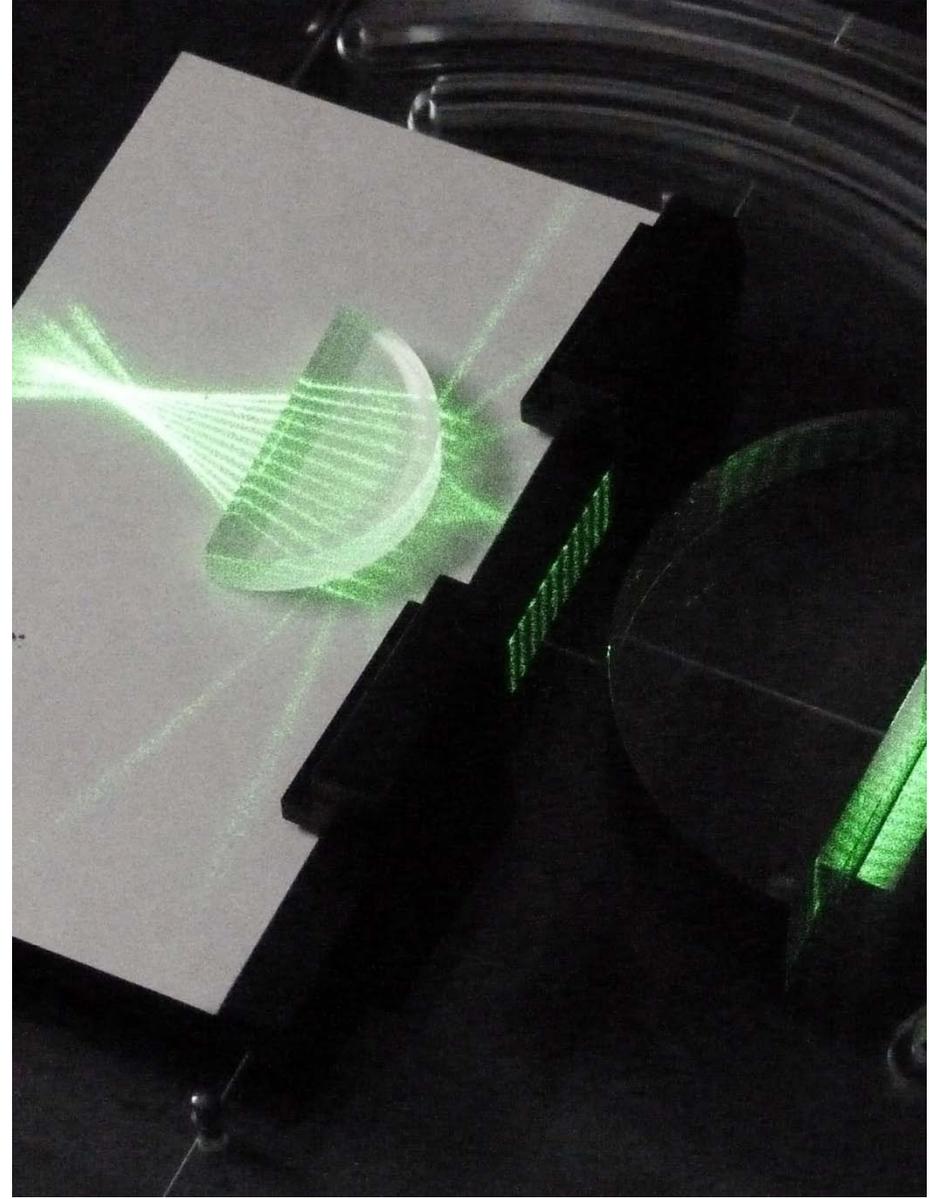
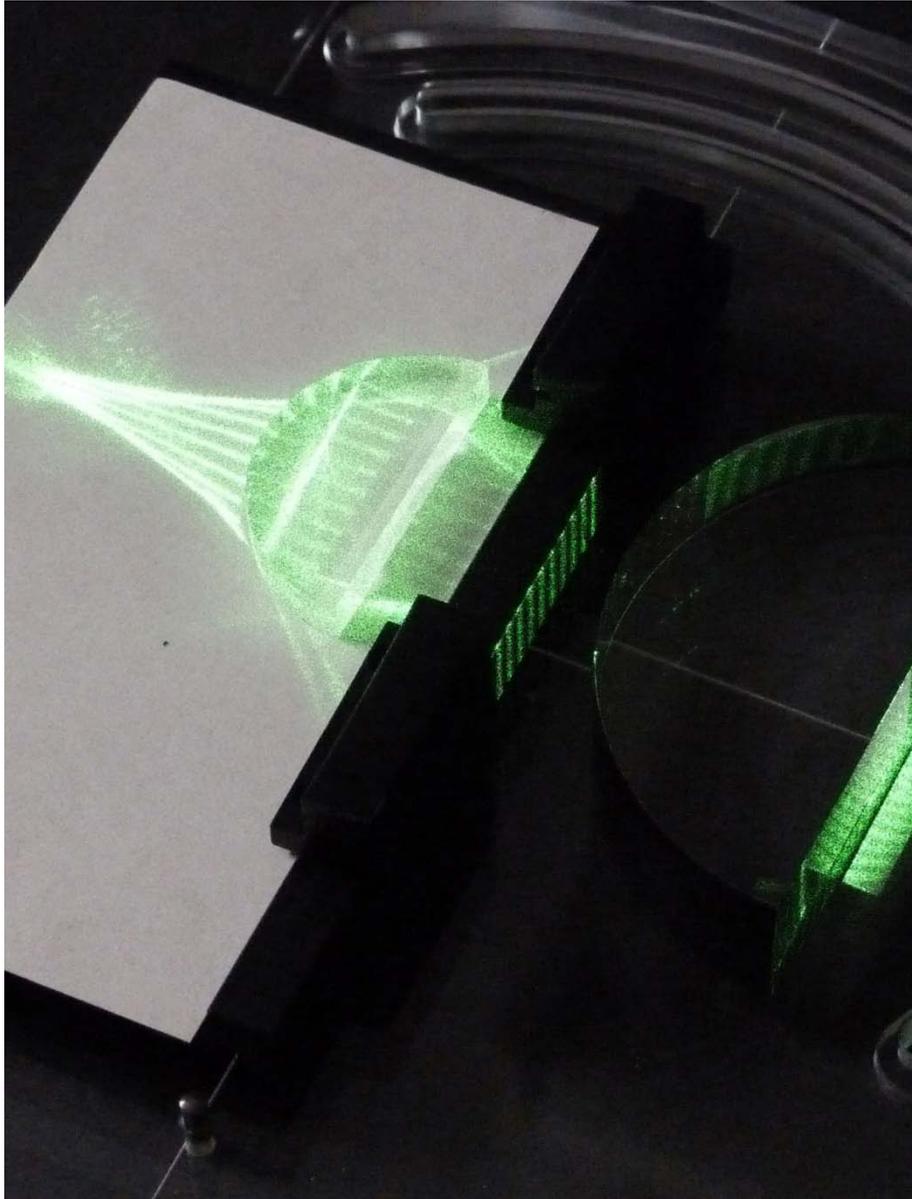
Geometrische Optik



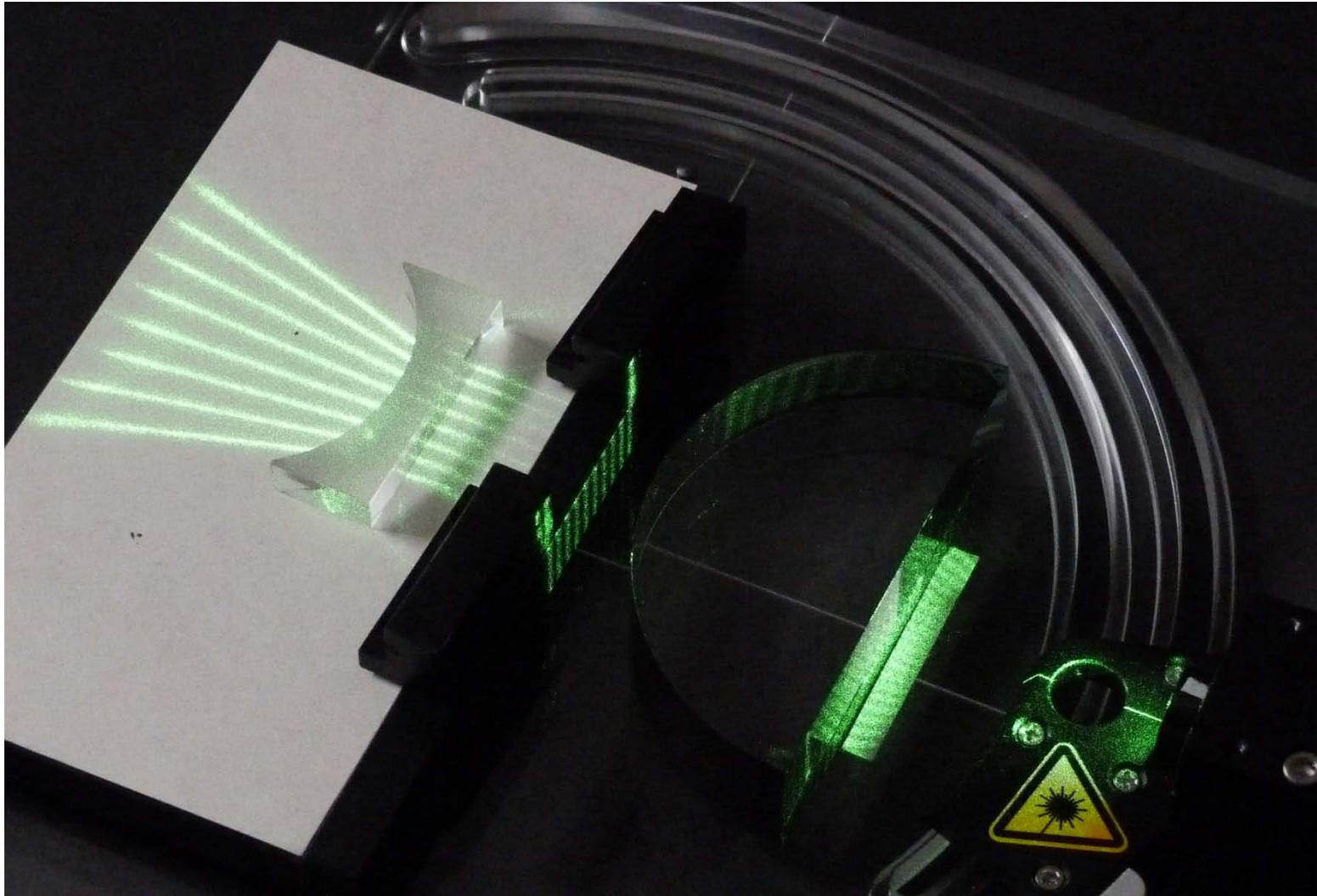
Geometrische Optik -



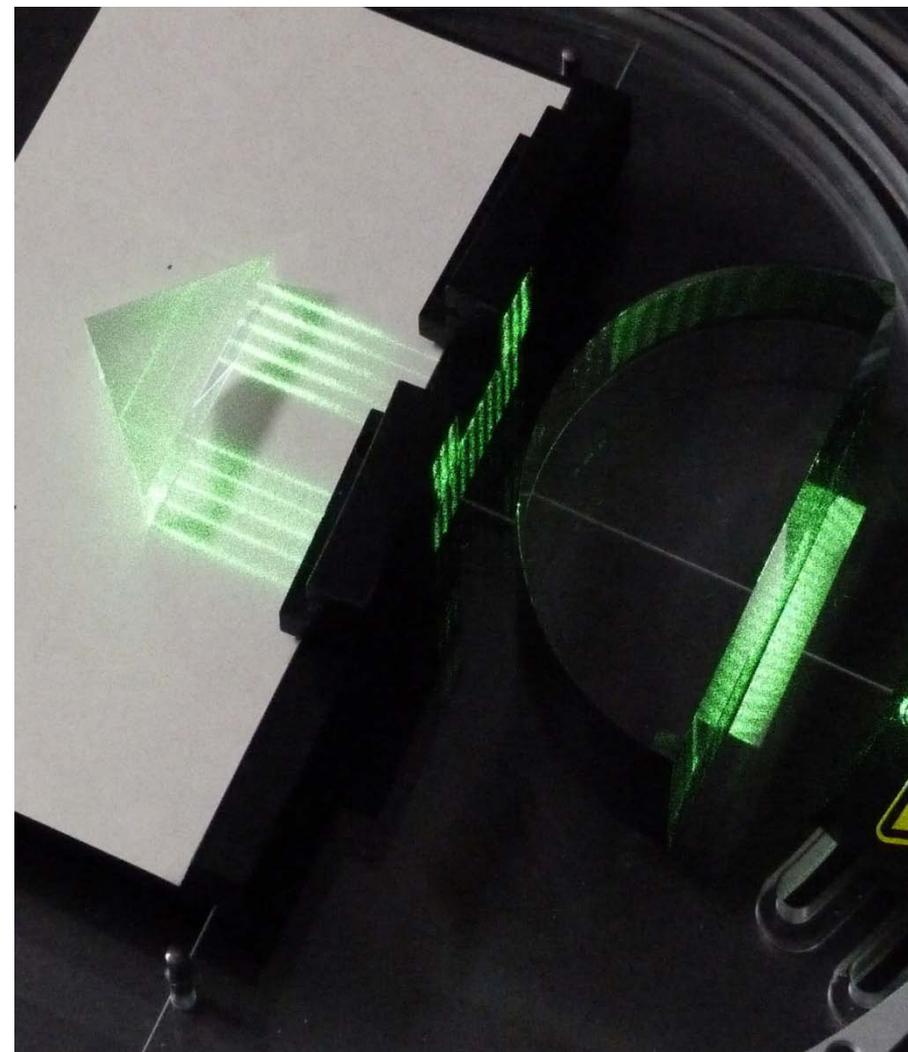
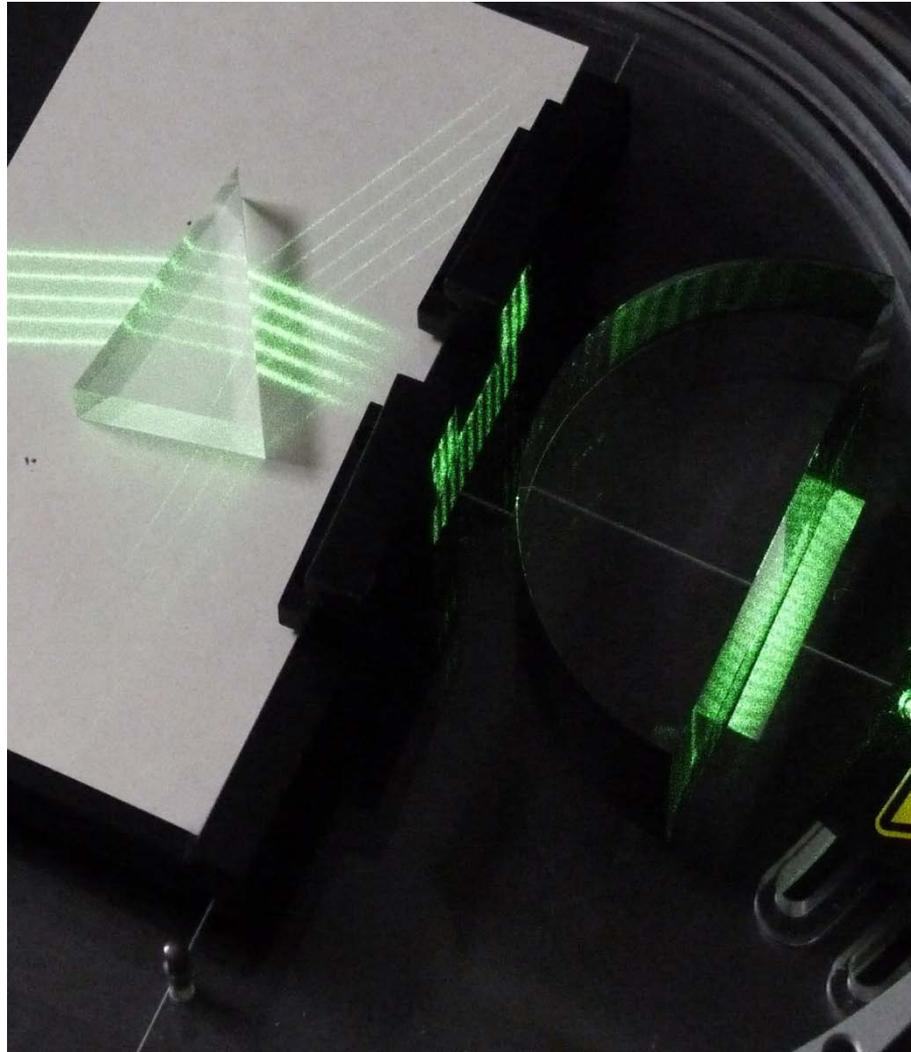
Geometrische Optik



Geometrische Optik



Geometrische Optik



Pflichtenheft

- Erprobung der physikalischen Gleichungen
 - Brennpunktgleichung
 - Linsengleichung
 - Gl. für Linsensysteme
 - Augenoptikergleichung für Linsensysteme
 - Gl. für Hauptebenen
- Einfache Handhabung
- Zeitgemäßes Design
- Wiedererkennung von Objekten aus dem Alltag
- Gute Ablesbarkeit der physikalischen Größen

Linsenhalter Doppel
($e = 20\text{mm}$)

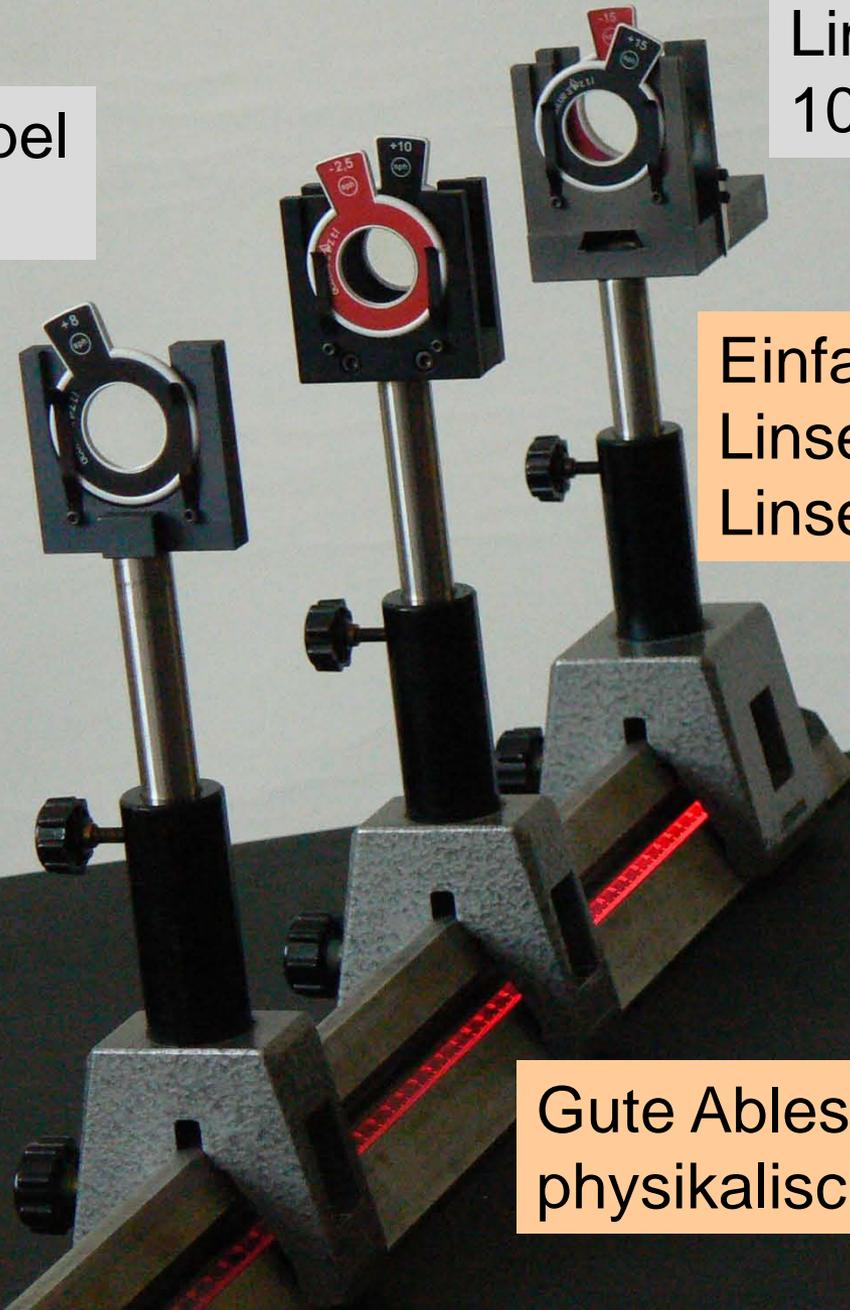
Linsenhalter
einfach

Linsenhalter Vario
($10\text{mm} < e < 50\text{mm}$)

Einfache Handhabung
Linsen werden NUR in
Linsenhalter gesteckt

Linsen vom
Augenoptiker

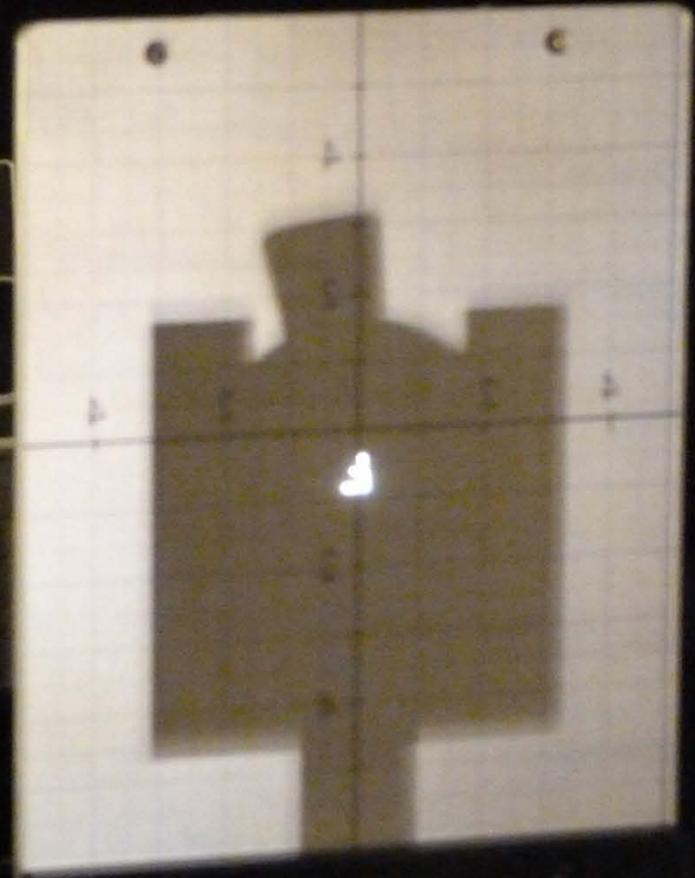
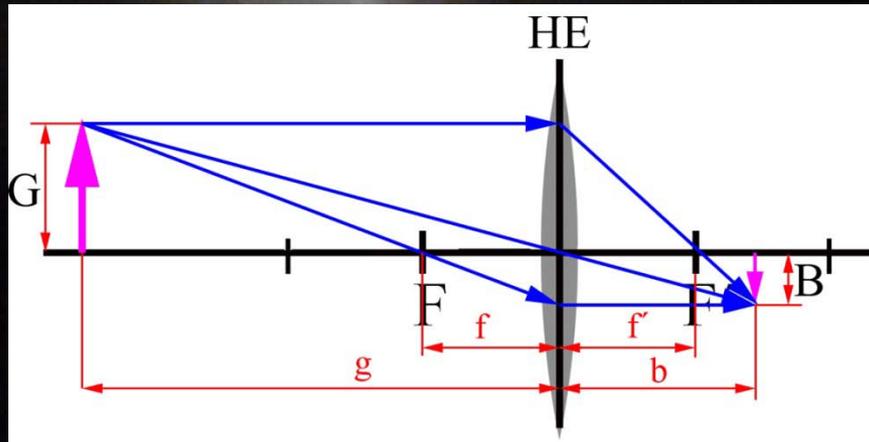
Gute Ablesbarkeit der
physikalischen Größen



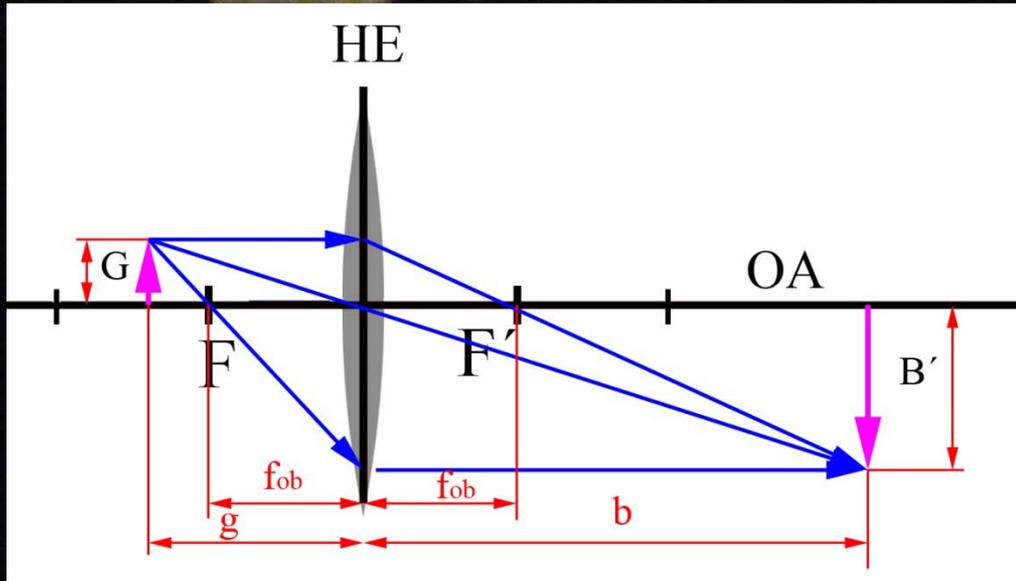
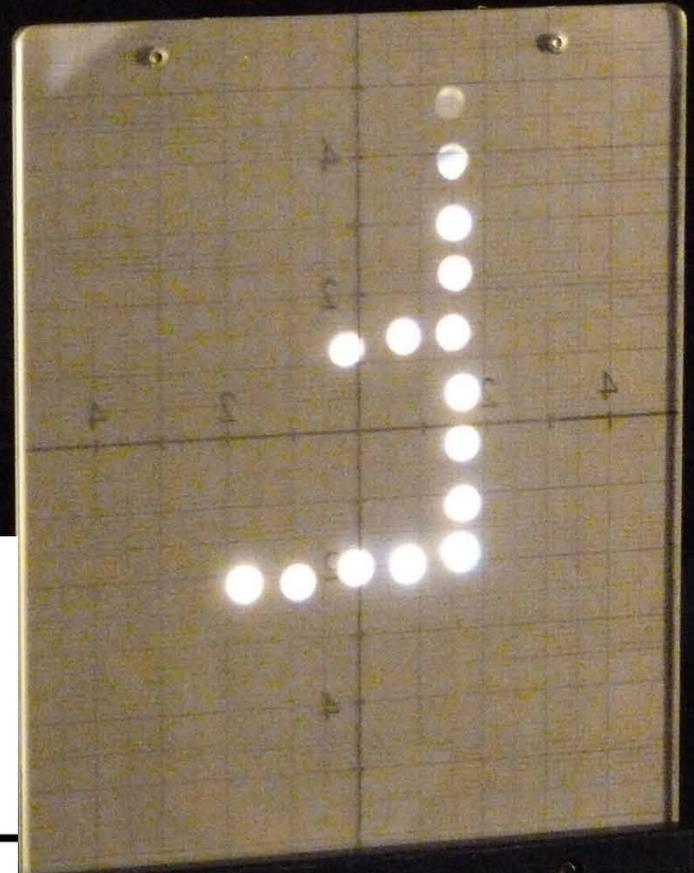
Geometrische Optik – Box Optische Systeme



$g \rightarrow$ groß $b \rightarrow$ klein
Fotoapparat
Auge

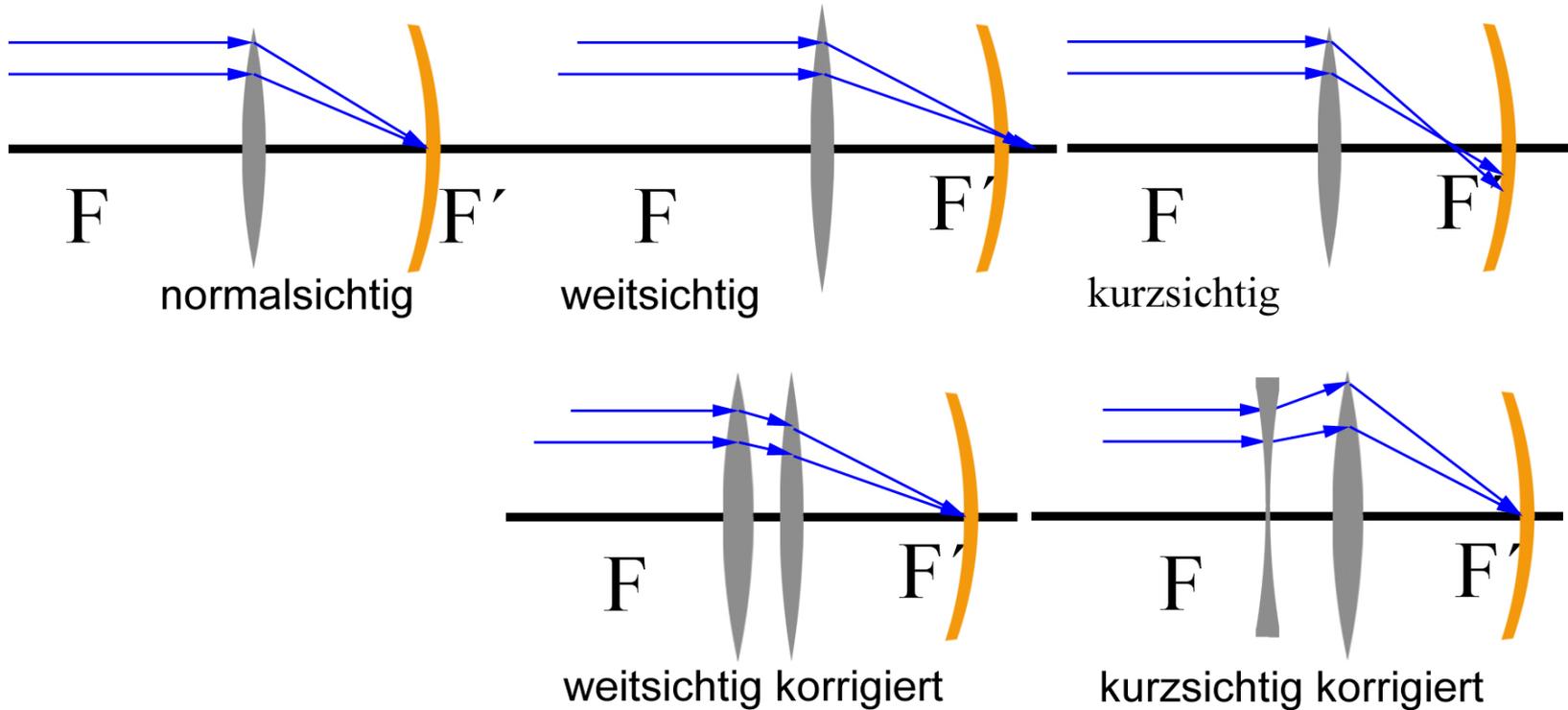


$g \rightarrow$ klein $b \rightarrow$ groß
Projektor



Geometrische Optik – Linsensysteme

Korrektion der Fehlsichtigkeit

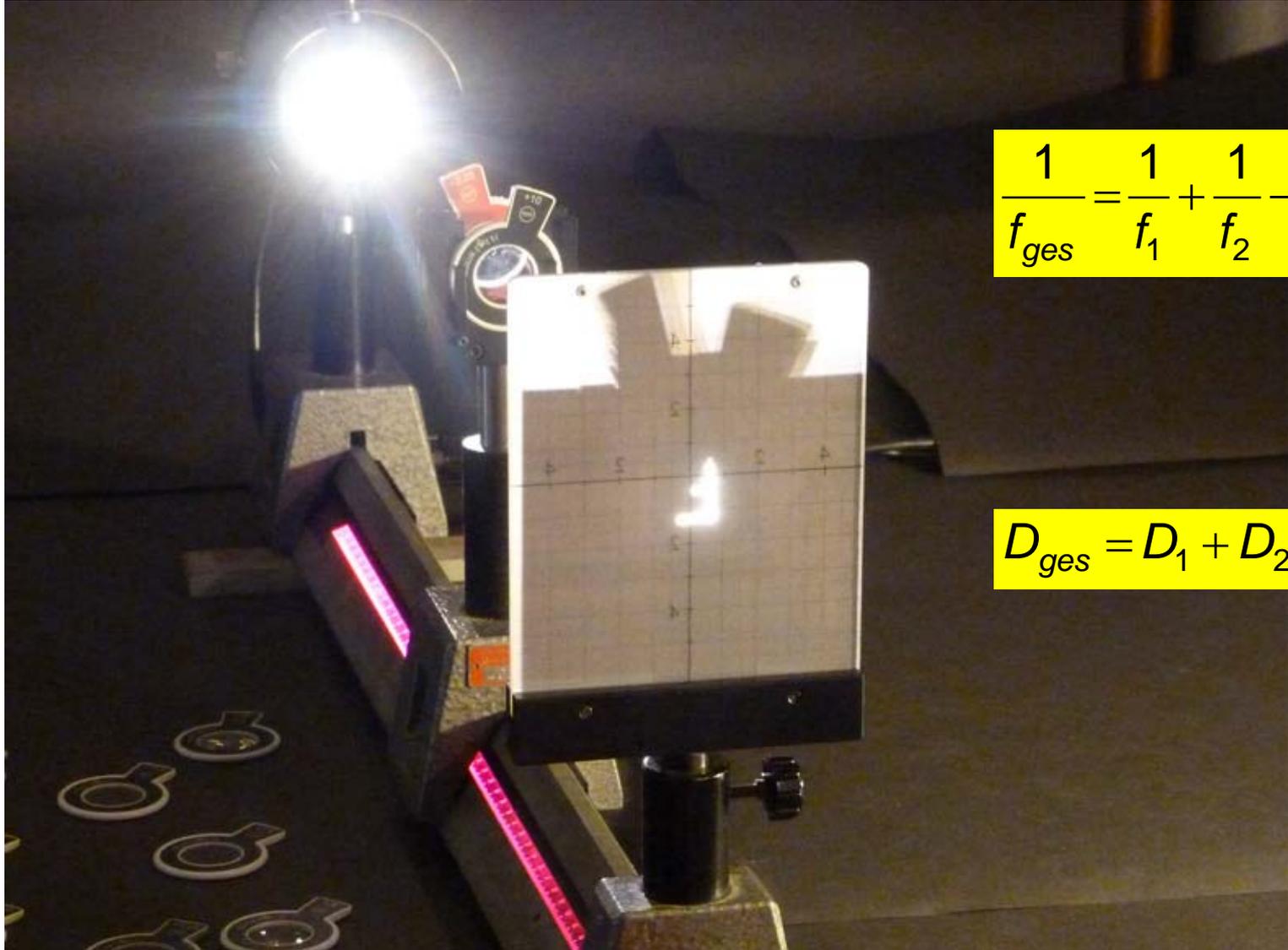


$$\frac{1}{f_{\text{ges}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{f_1 f_2}$$

$$D_{\text{ges}} = D_1 + D_2 - eD_1D_2$$

Geometrische Optik – Linsensysteme

Korrektion der Fehlsichtigkeit

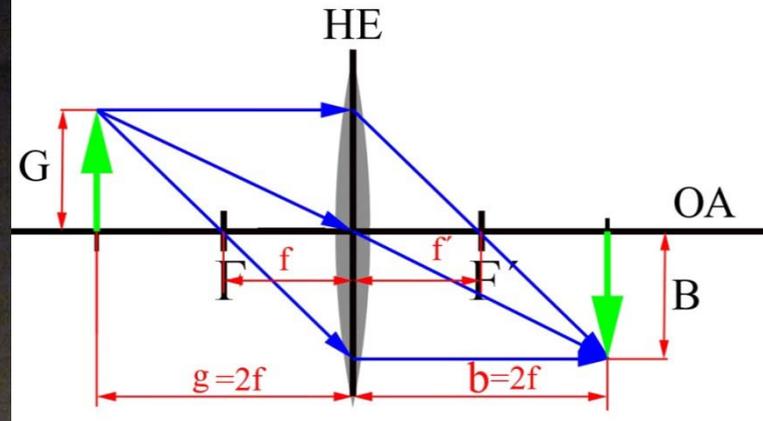
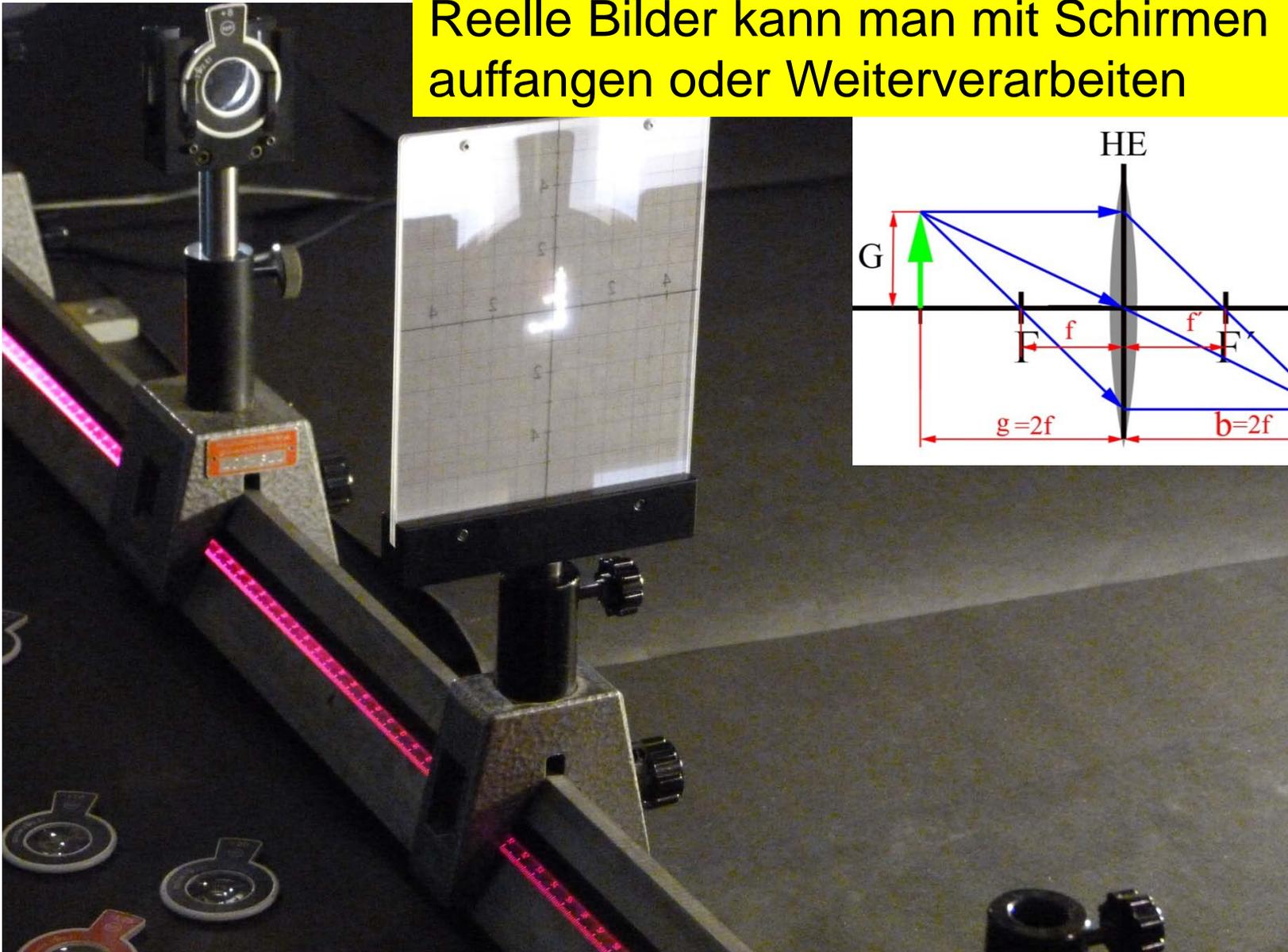


$$\frac{1}{f_{\text{ges}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{f_1 f_2}$$

$$D_{\text{ges}} = D_1 + D_2 - eD_1D_2$$

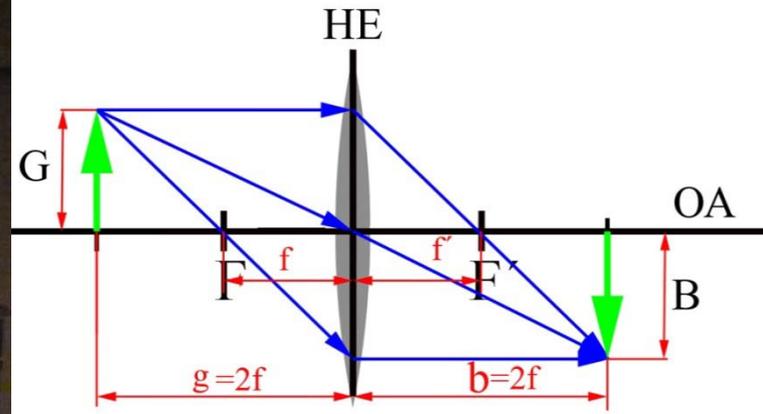
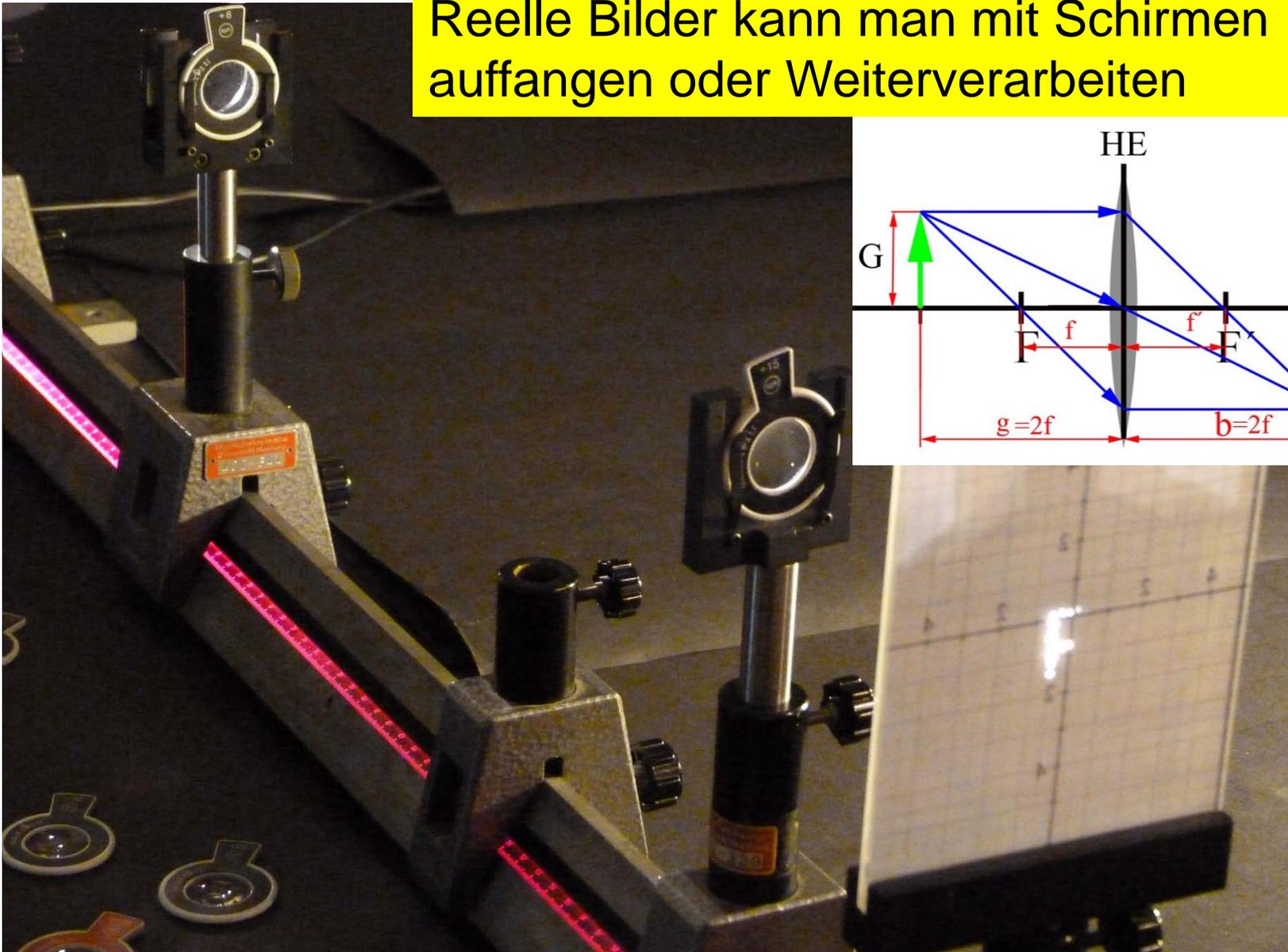
Geometrische Optik - Umkehroptik

Reelle Bilder kann man mit Schirmen auffangen oder Weiterverarbeiten

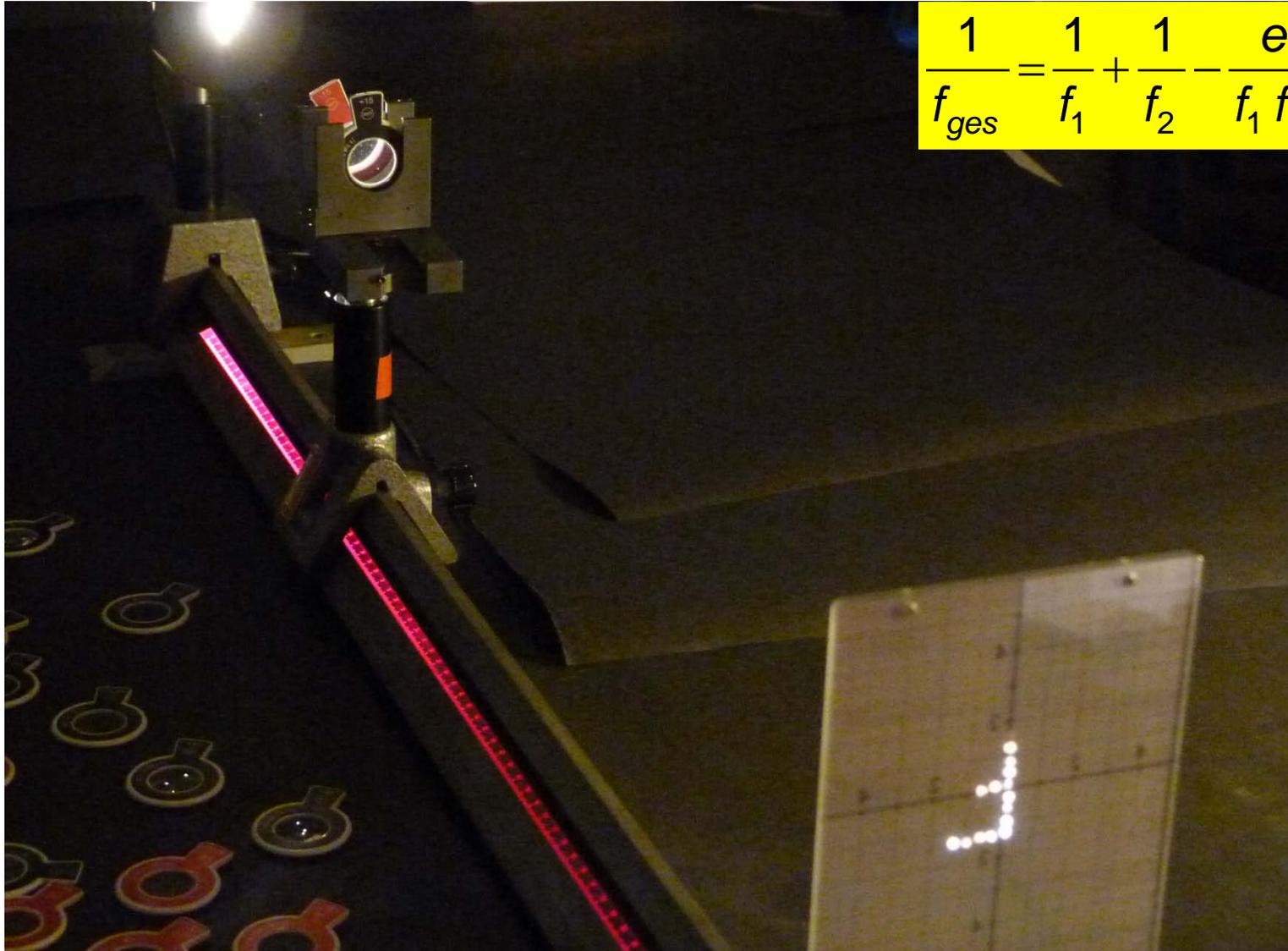


Geometrische Optik - Umkehroptik

Reelle Bilder kann man mit Schirmen auffangen oder Weiterverarbeiten

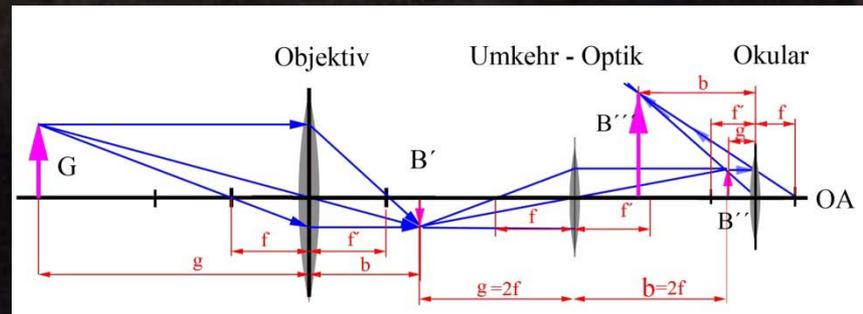
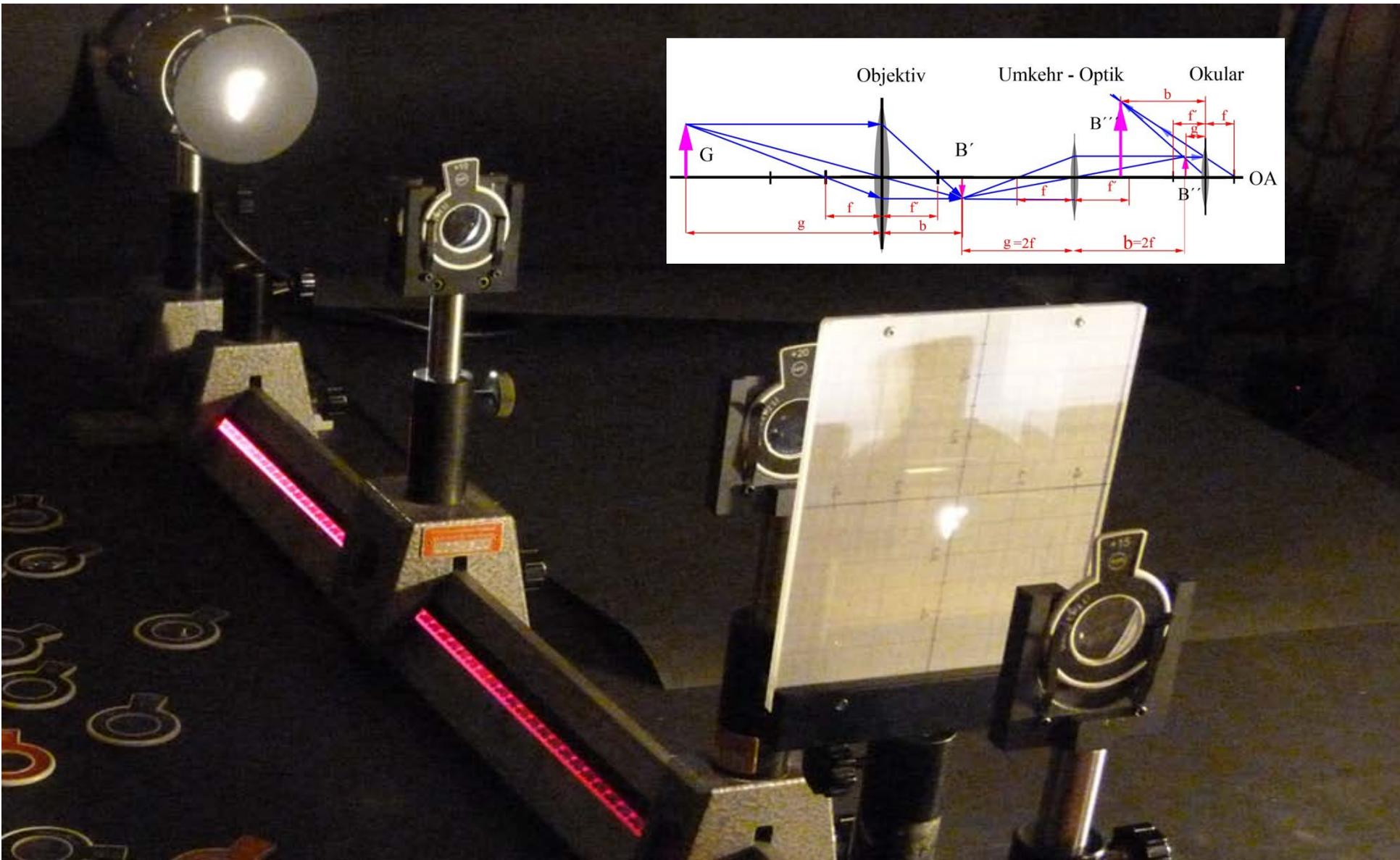


Geometrische Optik – die Variooptik



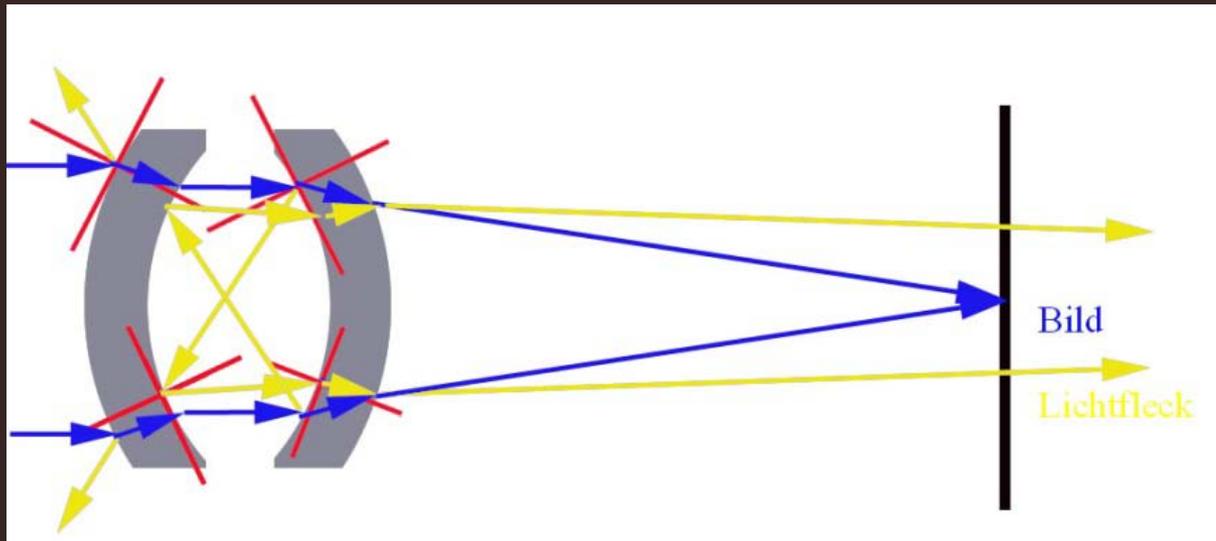
$$\frac{1}{f_{ges}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{f_1 f_2}$$

Geometrische Optik – das terrestrische Fernrohr



Geometrische Optik – Lichtflecke

Optische Linsen haben zwei Grenzflächen
An jeder Grenzfläche findet Reflexion und
Transmission statt



Optische Grenzflächen werden entspiegelt

6. Zusammenfassung Ausblick

LASER-OPTIK-KIT "SNELLIUS"

- **didaktische Reduktion aller gleichzeitig beobachtbaren Phänomene auf Einzelphänomene**
 - Modulare Bauweise
 - Einheit von Versuchsaufbau und Protokollvorlage
- Messung verschiedener Einzelphänomene **gemäß Lehrplan**
 - gute Sichtbarkeit der Strahlenverläufe
 - zeitgemäßes Design erhöht Motivation
 - schnell einsetzbar, kaum Justieraufwand

Basics für viele optische Phänomene

Evaluierung: mehrheitliche Aussage,
jetzt habe ich diese Zusammenhänge verstanden



- seit 1770 Professor für Physik, Mathematik und Astronomie an der Universität in Göttingen
- 1793 wurde er zum Mitglied der Royal Society berufen



„In unseren physikalischen Büchern trennen wir mit Recht, was in der Natur ungetrennt vorkommt Reflexion, Refraktion und Inflektion“

„Alles auf Einmahl thun zu wollen, zerstört alles auf Einmahl“

Konzept:

Zusammenwirken der Phänomene
an einem Körper beobachten
nacheinander quantitativ untersuchen

Didaktische Reduktion

GÜTESIEGEL

der AG Physikalische Praktika im Fachverband Didaktik der DPG
für ein

INNOVATIVES PHYSIK EXPERIMENT

entwickelt und erprobt an einer Universität und durch eine Firma in die
Praxis umgesetzt

Kategorie: Schule und Grundpraktika für Nebenfach

Experiment: OPTIK-KIT „SNELLIUS“
Optischer Baukasten mit Laser und zahlreichen
Versuchs- und Protokollvorlagen für alle Lerneinheiten

Entwickler:

Dr. Peter Schaller, Physikalische Praktika,
Philipps-Universität Marburg

Hersteller:

Fa. miCos GmbH, D-79427 Eschbach,
MAC Photon X - Produkte, Dr. Jürgen Gallus

Die AG Physikalische Praktika unterstützt die Entwicklung von innovativen
Physik-Experimenten an Hochschulen und Universitäten, da das Bild von der
Physik insbesondere während der Schul- und Bachelor-Ausbildung entscheidend
mit von der in den Praktika vorhandenen Experimentiertechnik geprägt wird.

Dieses Zertifikat wurde auf der Praktikumsleitertagung PLT 2011 überreicht.

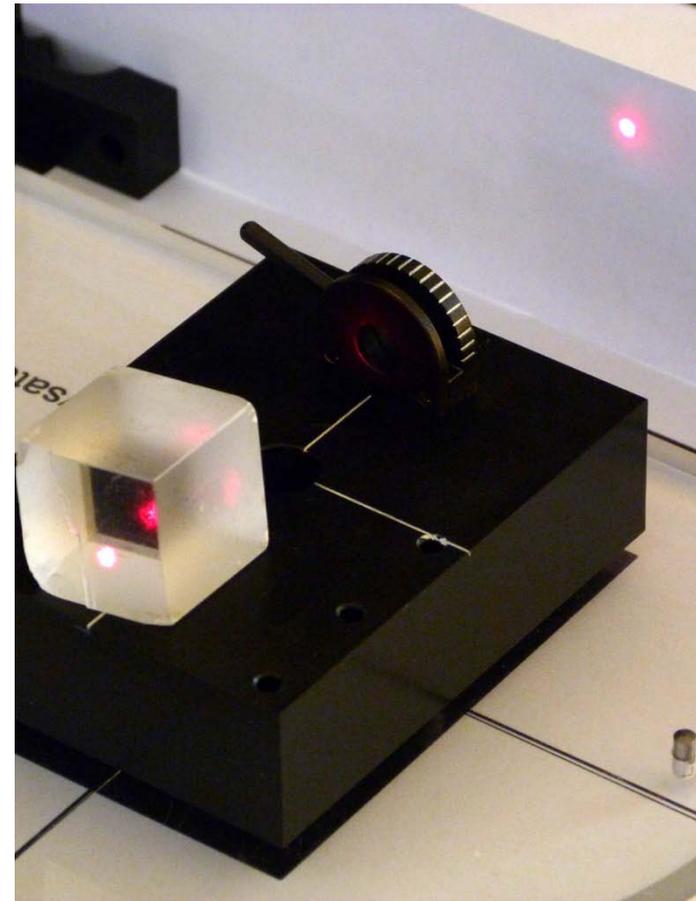
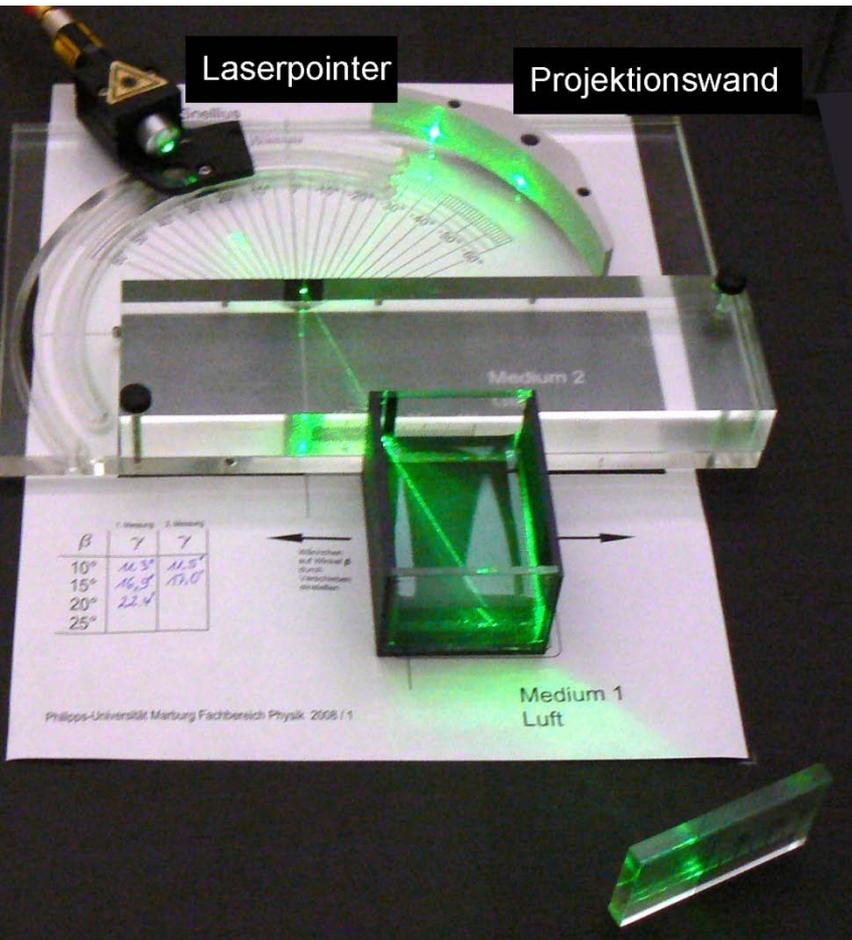
Chemnitz, 21.9.2011

Prof. Dr. Ilja Rückmann

Sprecher der AG Physikalische Praktika



LASER-OPTIK-KIT "SNELLIUS"



Danke für Ihre Aufmerksamkeit