

Pilotprojekt der Lehrmittelkommission „Neue optische Experimente für die Physikausbildung im Zeitalter der Photonics“

11. Workshop der Pädagogischen Hochschule Salzburg
Lehrmittelkommission
Salzburg am 23. Juni 2022

Dr. Peter Schaller
Sprecher der Lehrmittelkommission

ehemals

Philipps



Universität
Marburg

Lehrmittelkommission



Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.

1. Basisexperimente

Leichten Zugang zum Phänomen schaffen
Basics für Wissensnetz bilden

Fundament mit monochromatischen Lasern grün – rot

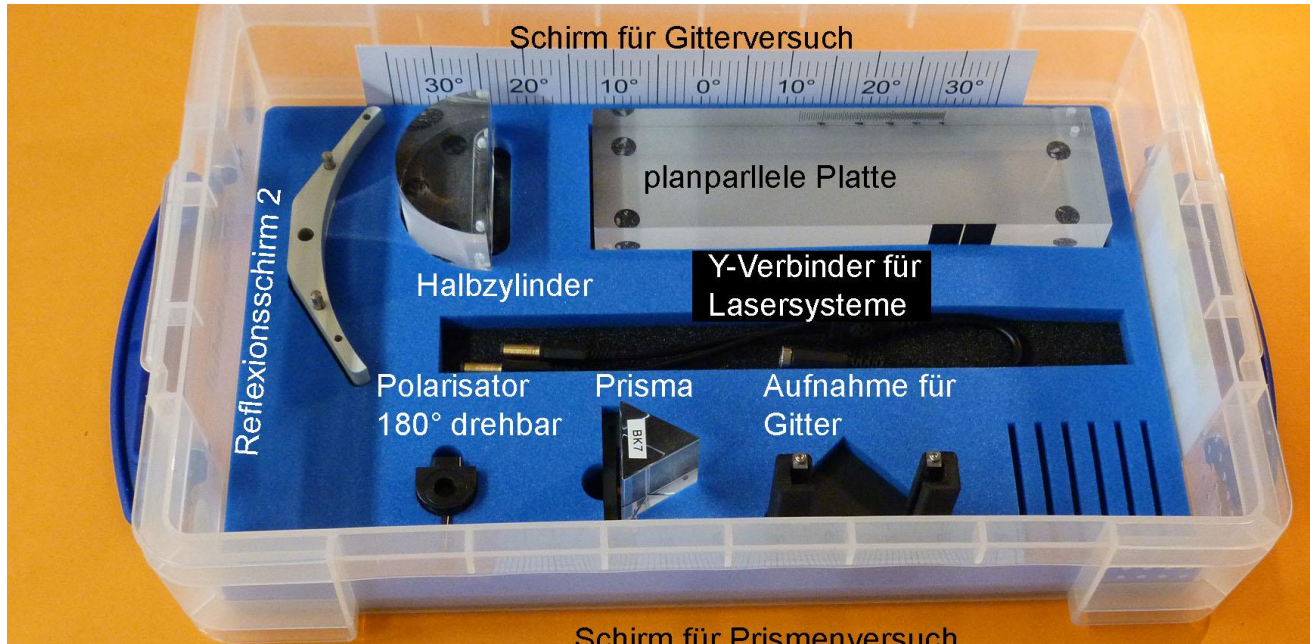
Wiedererkennen der physikalischen Phänomene
in der Natur

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



Schirm für Gitterversuch

30° 20° 10° 0° 10° 20° 30°

Reflexionsschirm 2

planparallele Platte

Halbzylinder

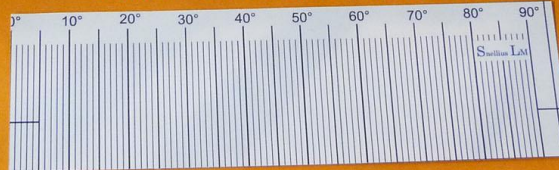
Y-Verbinder für Lasersysteme

Polarisator
180° drehbar

Prisma

Aufnahme für
Gitter

Schirm für Prismenversuch



Farbfilter
grün

rot

Gitter X

100/mm

300/mm

600/mm





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

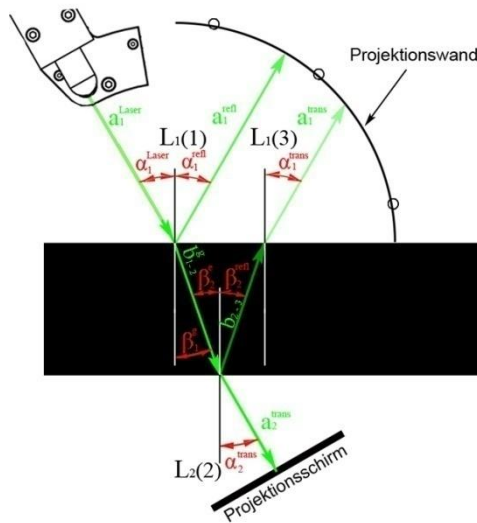
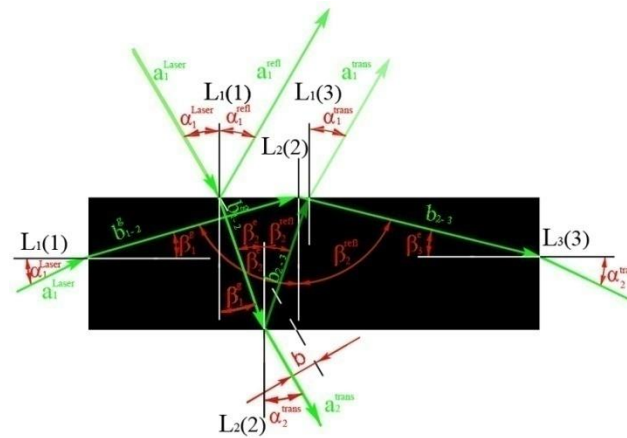
„Alles auf Einmahl thun zu wollen, zerstört alles auf Einmahl“

Konzept:

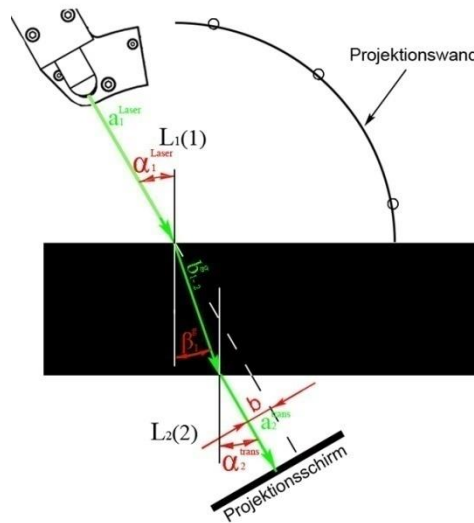
Zusammenwirken der Phänomene an einem Körper beobachten
nacheinander quantitativ untersuchen:

Didaktische Reduktion

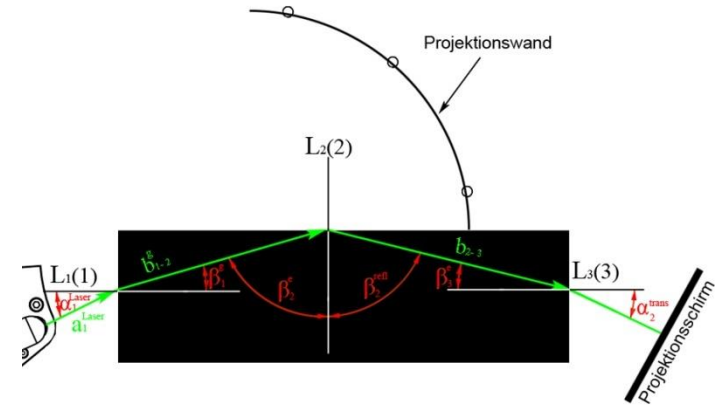
Lernerperspektive – didaktische Reduktion



Reflexion
Brechung

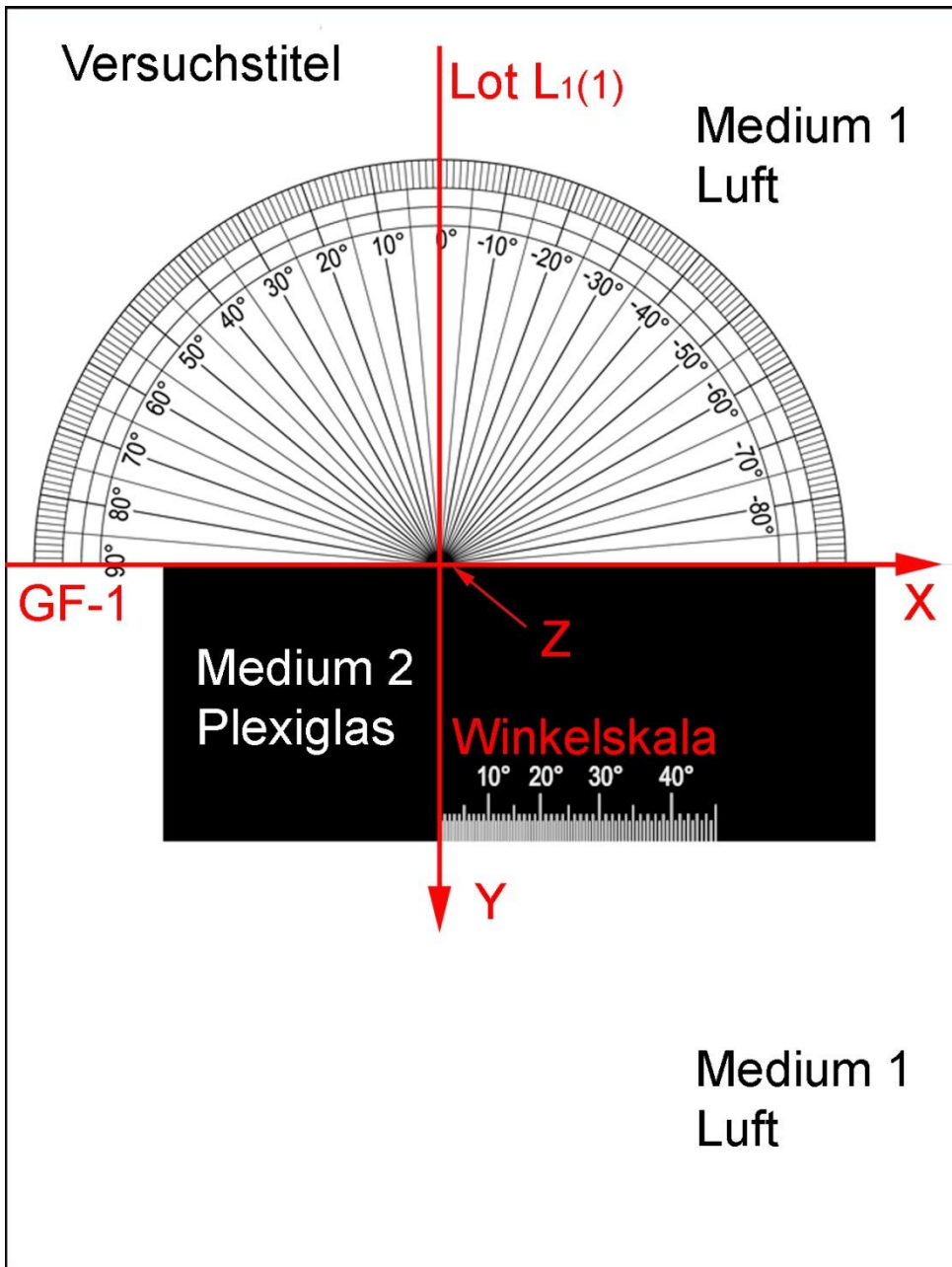


Parallelverschiebung



Totalreflexion

Versuchs- und Protokollvorlagen - Special-Tablett



Es gibt 13 verschiedene Special-Tabletts für die Versuchskomplexe Sie erfüllen eine 3-fache Funktion

- Vorlage für Versuch
Didaktische Reduktion
- Versuchsdurchführung
- Nachbereitungsphase

Pilotprojekt der Lehrmittelkommission
„Neue optische Experimente für die Physikausbildung im
Zeitalter der Photonics“

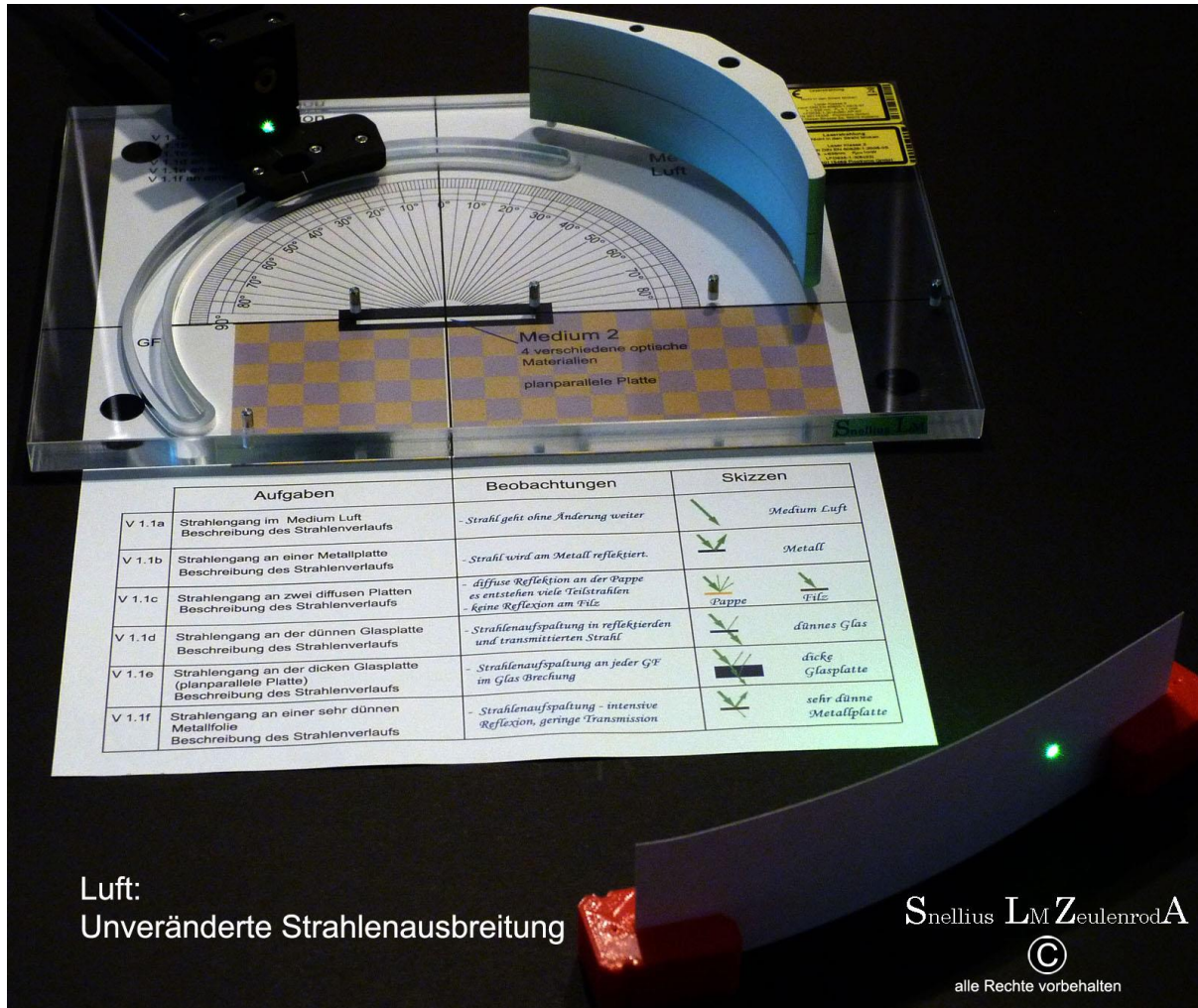
Versuche:

1. Strahlen treffen optische Stoffe
2. Strahlengänge in planparallelen Körpern
Brechungsgesetz – Totalreflexion
3. Versuche mit Prismen und Halbzylindern
Brechzahlbestimmung mit verschiedenen Methoden
4. Beugung am Gitter Licht – Wellenlängenbestimmung
5. Gesetz von Malus – Optische Aktivität

Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

Klärung der verschiedenen Phänomene



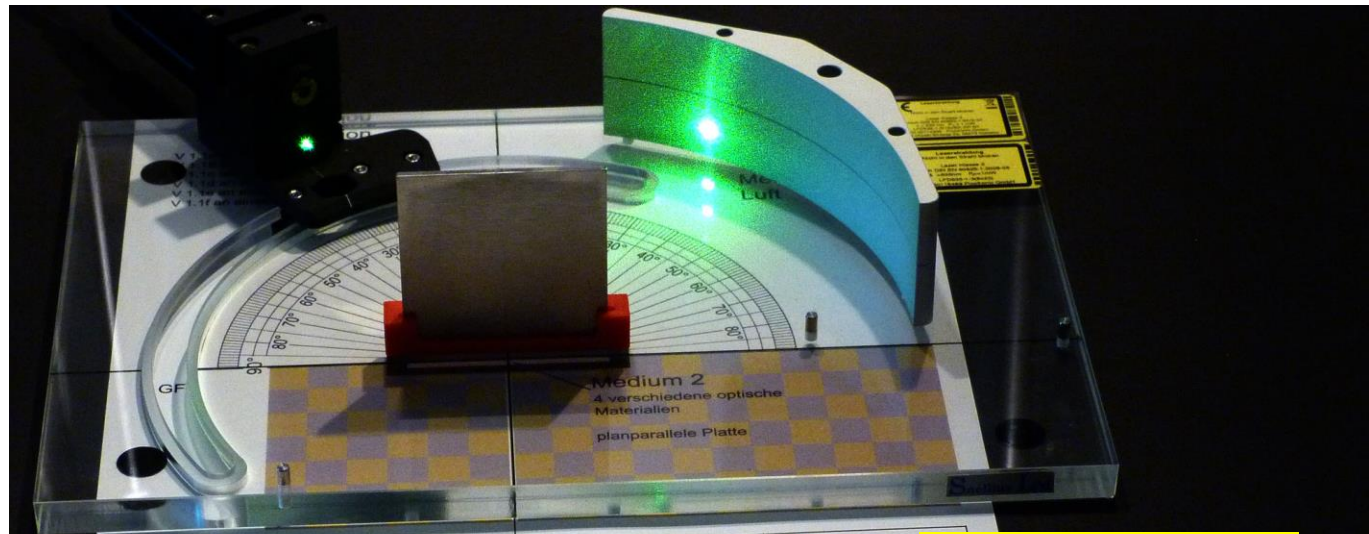
	Aufgaben	Beobachtungen	Skizzen
V 1.1a	Strahlengang im Medium Luft Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl geht ohne Änderung weiter	Medium Luft
V 1.1b	Strahlengang an einer Metallplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl wird am Metall reflektiert.	Metall
V 1.1c	Strahlengang an zwei diffusen Platten Beschreibung des Strahlenverlaufs	- diffuse Reflektion an der Pappe es entstehen viele Teilstrahlen - keine Reflexion am Filz	Filz
V 1.1d	Strahlengang an der dünnen Glasplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung in reflektierten und transmittierten Strahl	dünnnes Glas
V 1.1e	Strahlengang an der dicken Glasplatte (planparallele Platte) Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung an jeder GF im Glas Brechung	dicke Glasplatte
V 1.1f	Strahlengang an einer sehr dünnen Metallfolie Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung - intensive Reflexion, geringe Transmission	sehr dünne Metallplatte

Luft:
Unveränderte Strahlenausbreitung

Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

Klärung der verschiedenen Phänomene



	Aufgaben	Beobachtungen	Skizzen
V 1.1a	Strahlengang im Medium Luft Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl geht ohne Änderung weiter	Medium
V 1.1b	Strahlengang an einer Metallplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl wird am Metall reflektiert.	Metall
V 1.1c	Strahlengang an zwei diffusen Platten Beschreibung des Strahlenverlaufs	- diffuse Reflexion an der Pappe es entstehen viele Teilstrahlen - keine Reflexion am Fitz	Pappe Fitz
V 1.1d	Strahlengang an der dünnen Glasplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung in reflektierten und transmittierten Strahl	dünnes Glas
V 1.1e	Strahlengang an der dicken Glasplatte (planparallele Platte) Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung an jeder GF im Glas Brechung	dicke Glasplatte
V 1.1f	Strahlengang an einer sehr dünnen Metallfolie Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung - intensive Reflexion, geringe Transmission	sehr dünne Metallplatte

$$\alpha^{\text{Laser}} = \alpha^{\text{refl}}$$

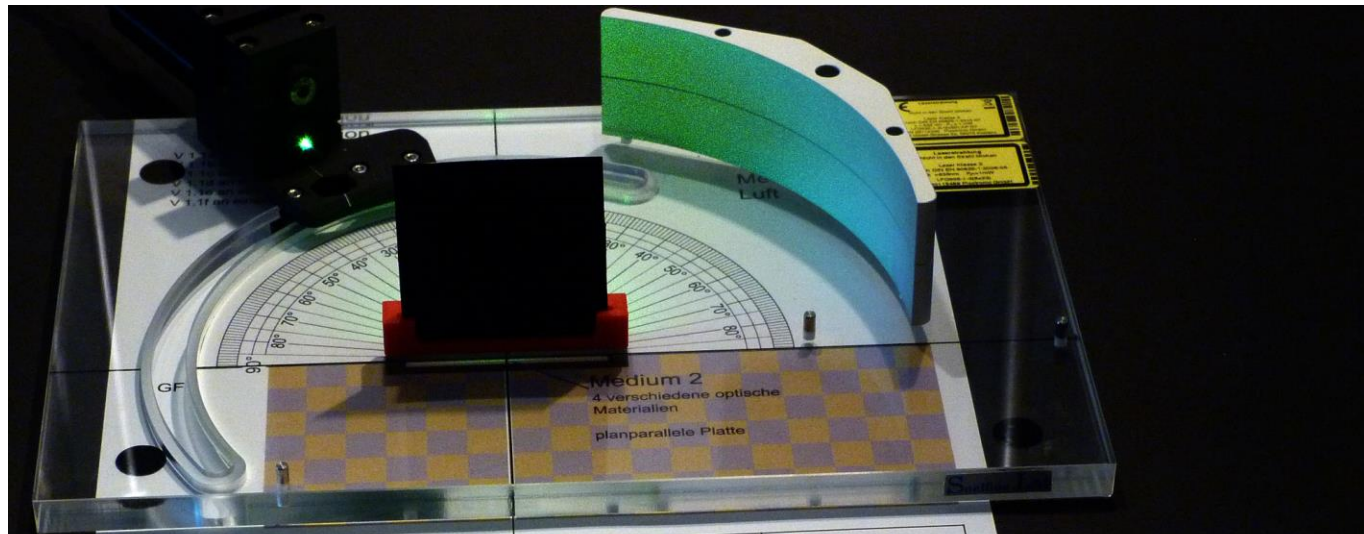
Metall:
Strahl wird gemäß dem Reflexionsgesetz reflektiert









Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

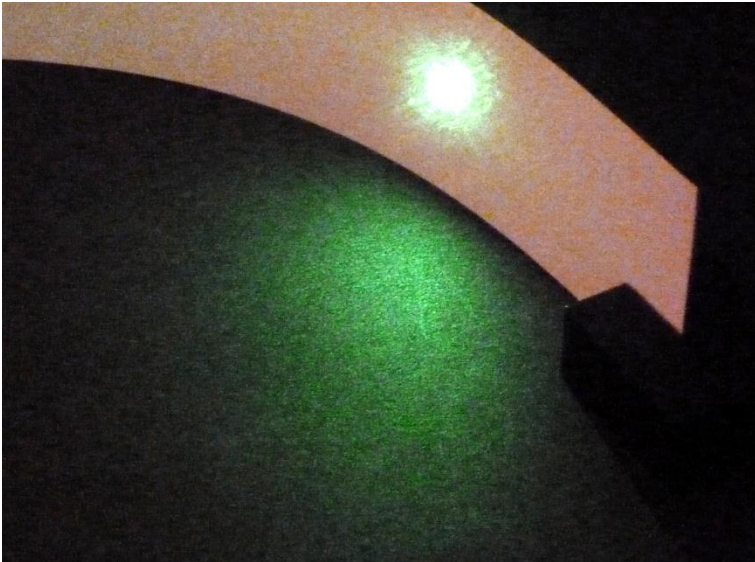
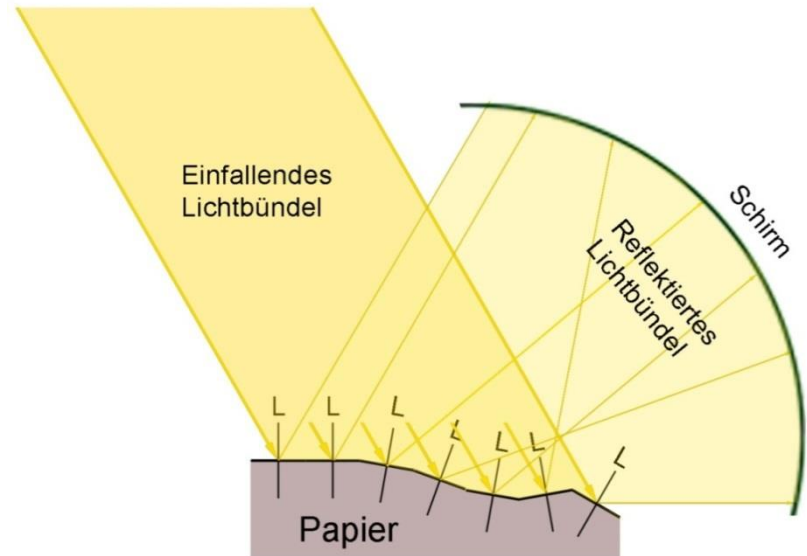
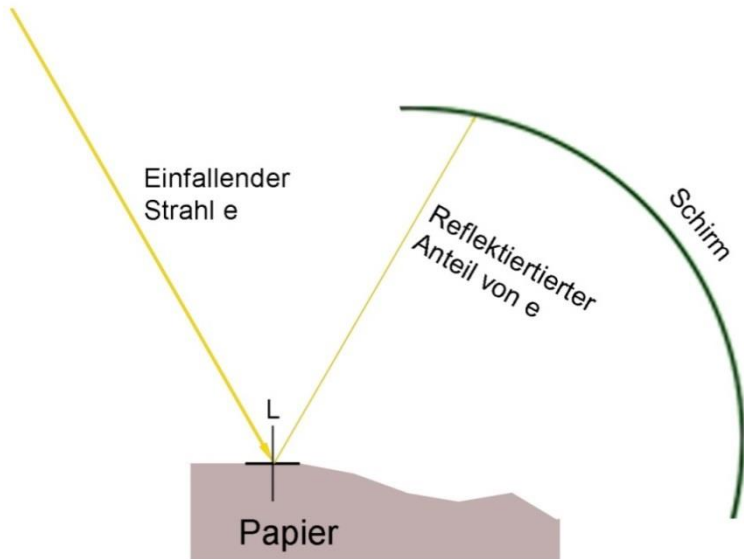
Klärung der verschiedenen Phänomene



	Aufgaben	Beobachtungen	Skizzen
V 1.1a	Strahlengang im Medium Luft Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl geht ohne Änderung weiter	 Medium Luft
V 1.1b	Strahlengang an einer Metallplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl wird am Metall reflektiert.	 Metall
V 1.1c	Strahlengang an zwei diffusen Platten Beschreibung des Strahlenverlaufs	- diffuse Reflexion an der Pappe es entstehen viele Teilstrahlen - keine Reflexion am Filz	 Pappe  Filz
V 1.1d	Strahlengang an der dünnen Glasplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung in reflektierten und transmittierten Strahl	 dünnes Glas
V 1.1e	Strahlengang an der dicken Glasplatte (planparallele Platte) Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung an jeder GF im Glas Brechung	 dicke Glasplatte
V 1.1f	Strahlengang an einer sehr dünnen Metallfolie Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung - intensive Reflexion, geringe Transmission	 sehr dünne Metallplatte

diffuser Reflektor:
jeder Strahl wird an seinem Lot reflektiert

Strahlen treffen auf unebene Flächen



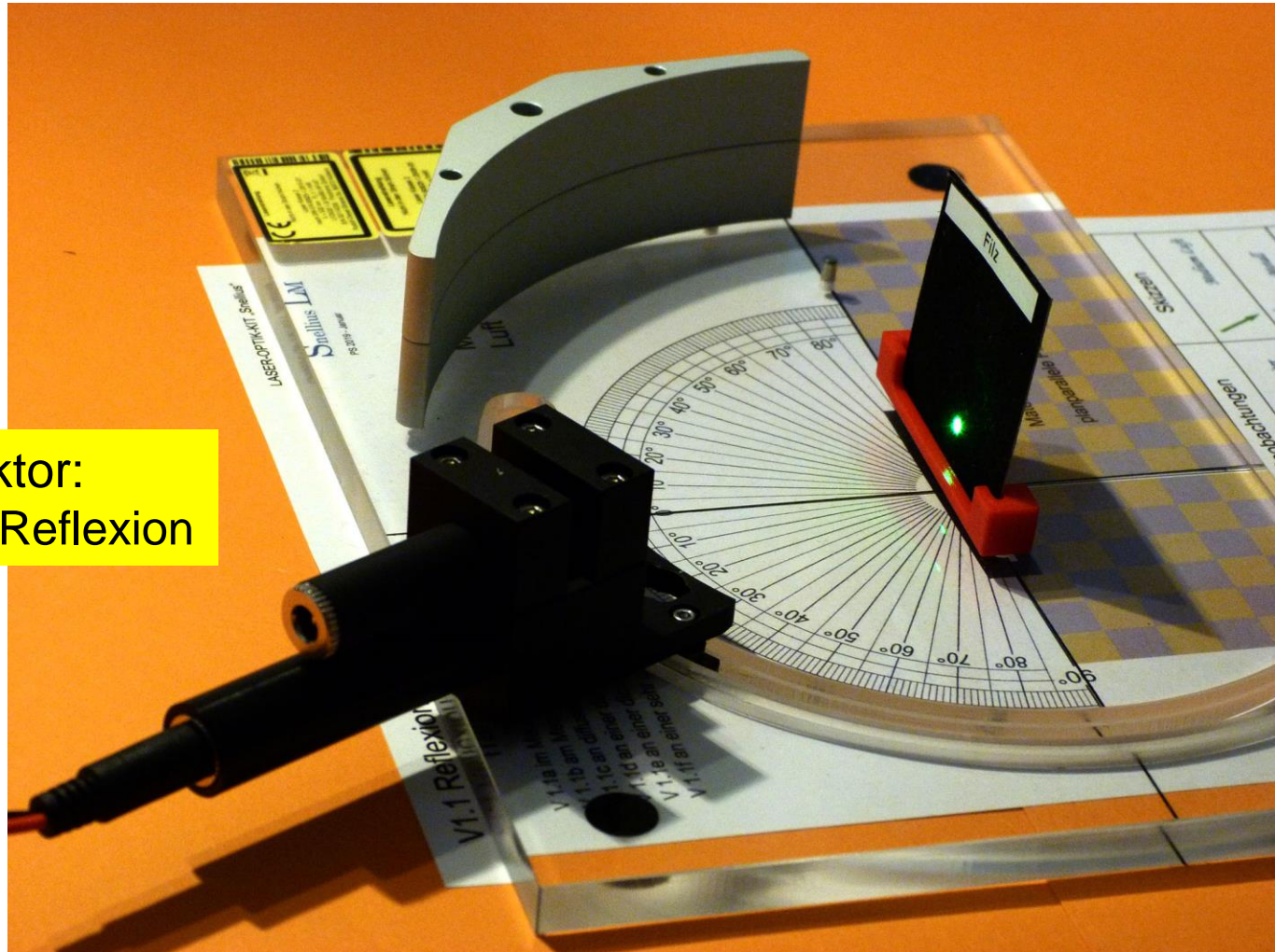
Diffuse Reflexion –
Ausleuchtung von Zimmern

Lambert - Strahler

Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

Klärung der verschiedenen Phänomene

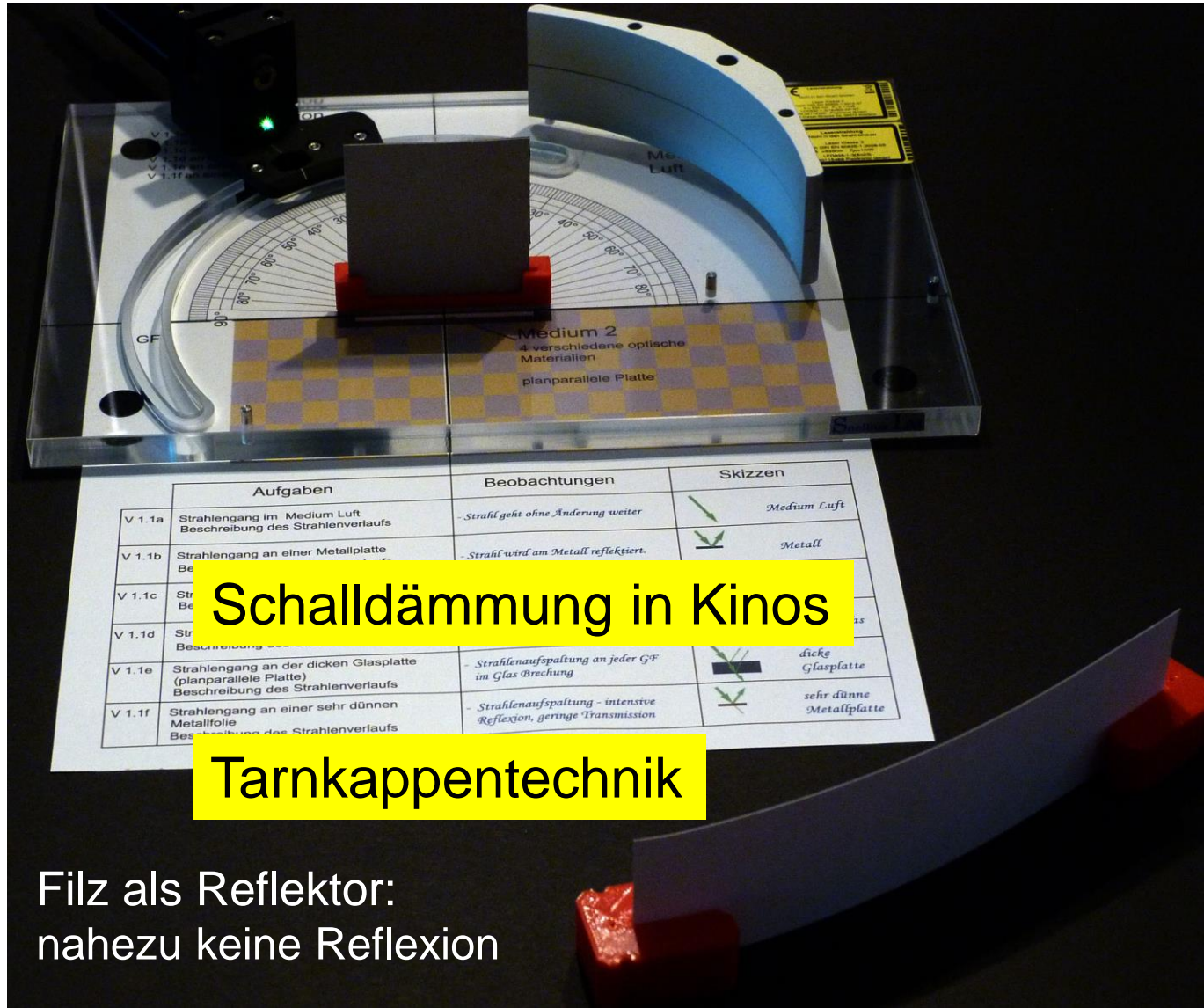






Filz als Reflektor:
nahezu keine Reflexion

Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

Klärung der verschiedenen Phänomene



	Aufgaben	Beobachtungen	Skizzen
V 1.1a	Strahlengang im Medium Luft Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl geht ohne Änderung weiter	 Medium Luft
V 1.1b	Strahlengang an einer Metallplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahl wird am Metall reflektiert.	 Metall
V 1.1c	Strahlengang an einer dicken Glasplatte Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung an jeder G-F im Glas Brechung	 dicke Glasplatte
V 1.1d	Strahlengang an einer sehr dünnen Metallfolie Beschreibung des Strahlenverlaufs	- Strahlenaufspaltung - intensive Reflexion, geringe Transmission	 sehr dünne Metallplatte

Schalldämmung in Kinos

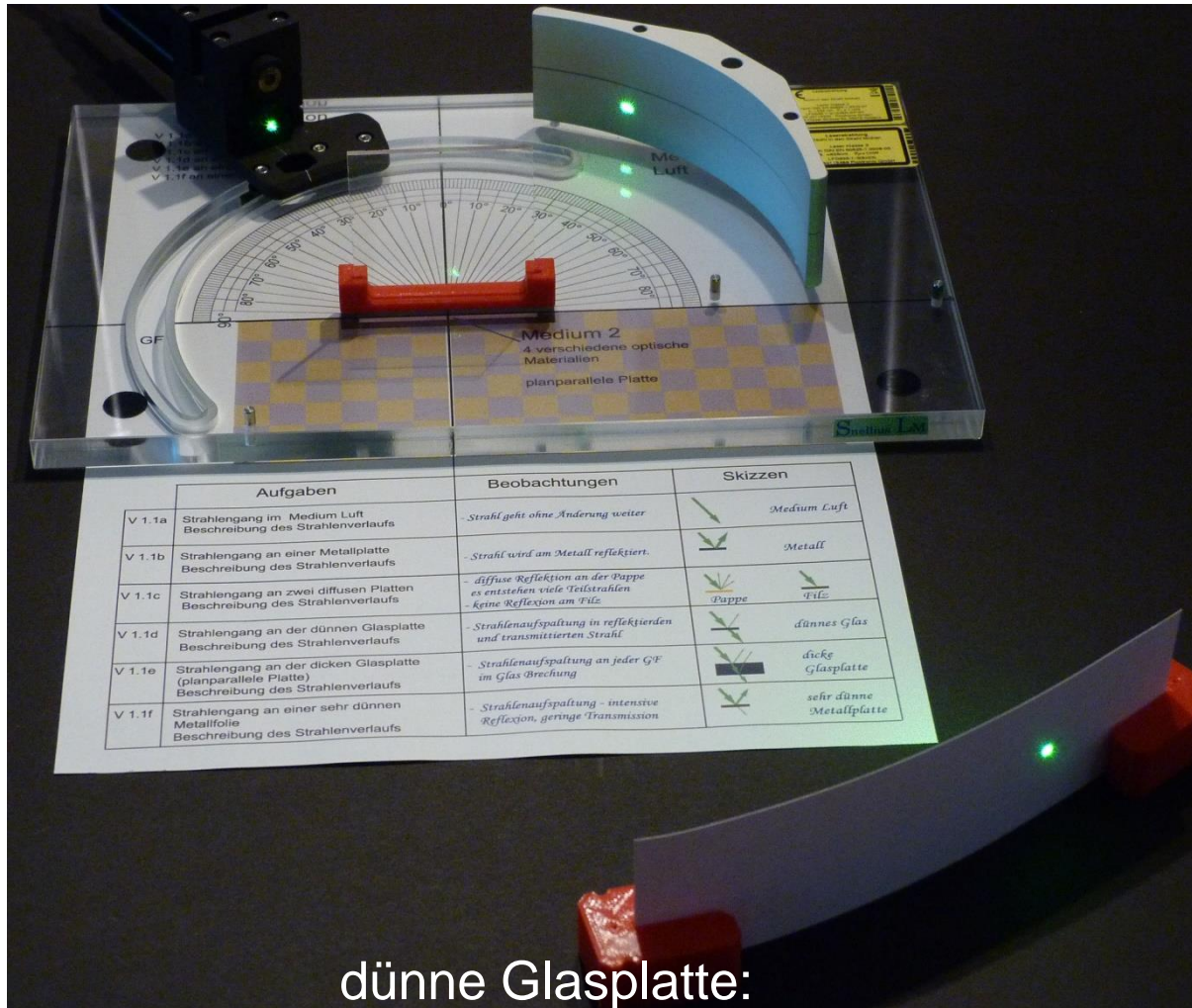
Tarnkappentechnik

Filz als Reflektor:
nahezu keine Reflexion

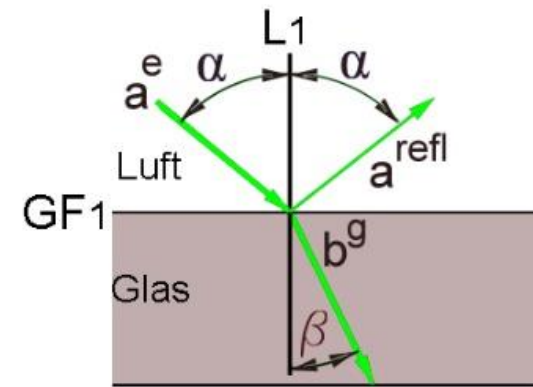
Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

Klärung der verschiedenen Phänomene



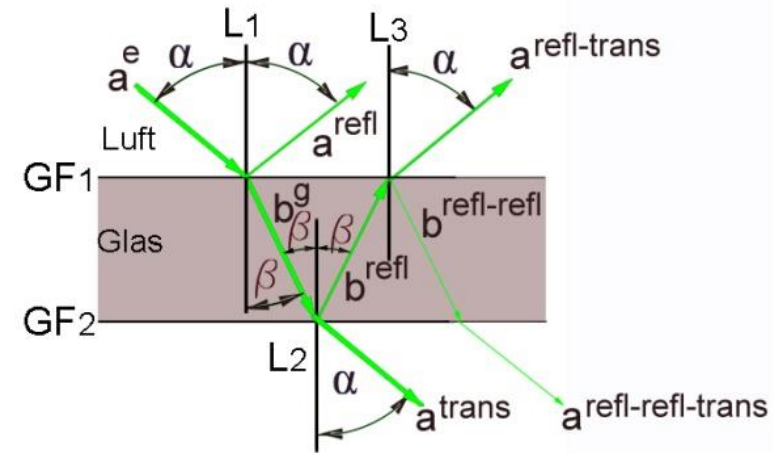
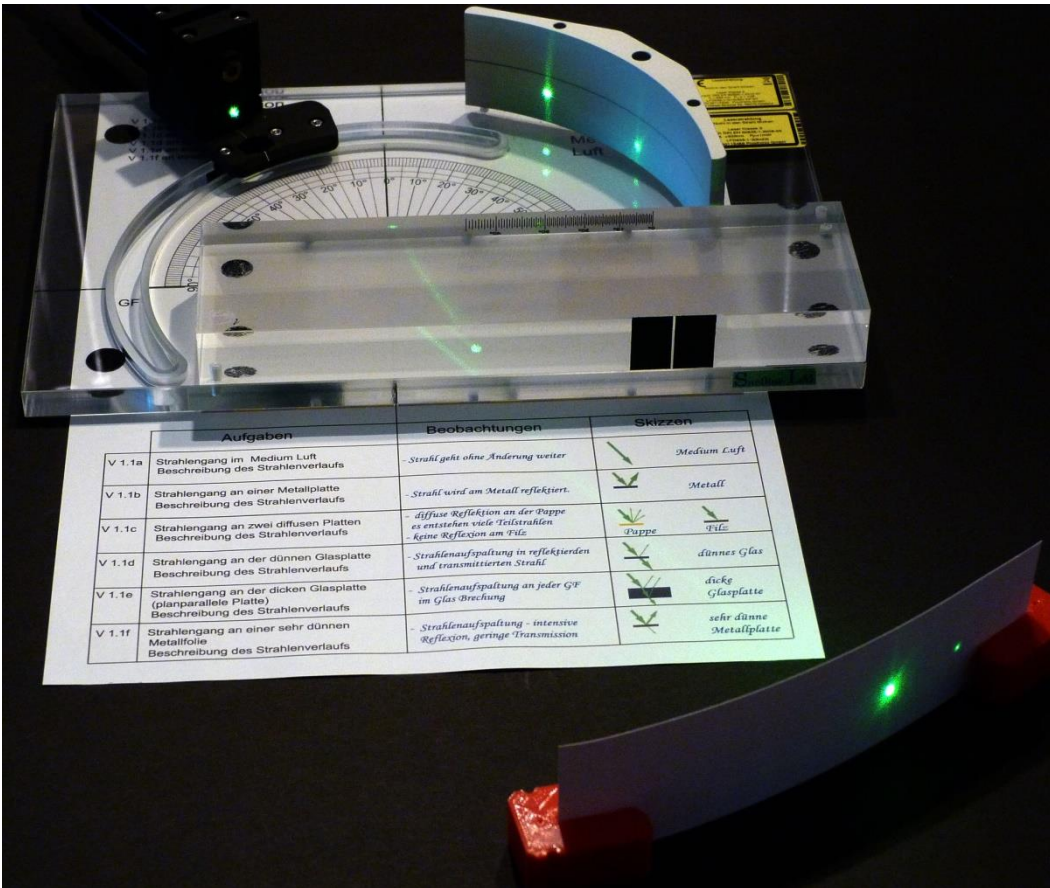
dünne Glasplatte:



Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

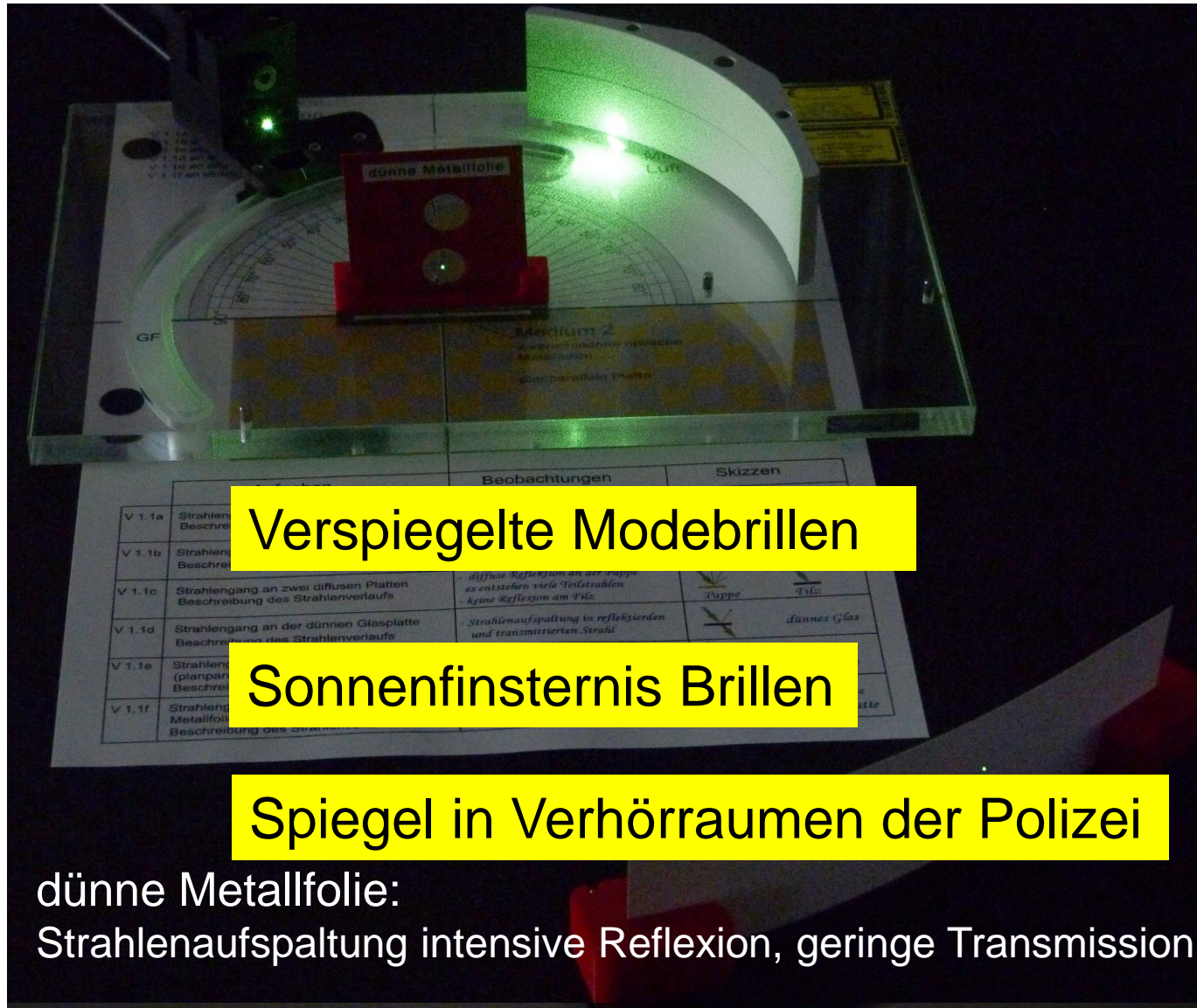
Klärung der verschiedenen Phänomene



Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

Klärung der verschiedenen Phänomene



Verspiegelte Modebrillen

Sonnenfinsternis Brillen

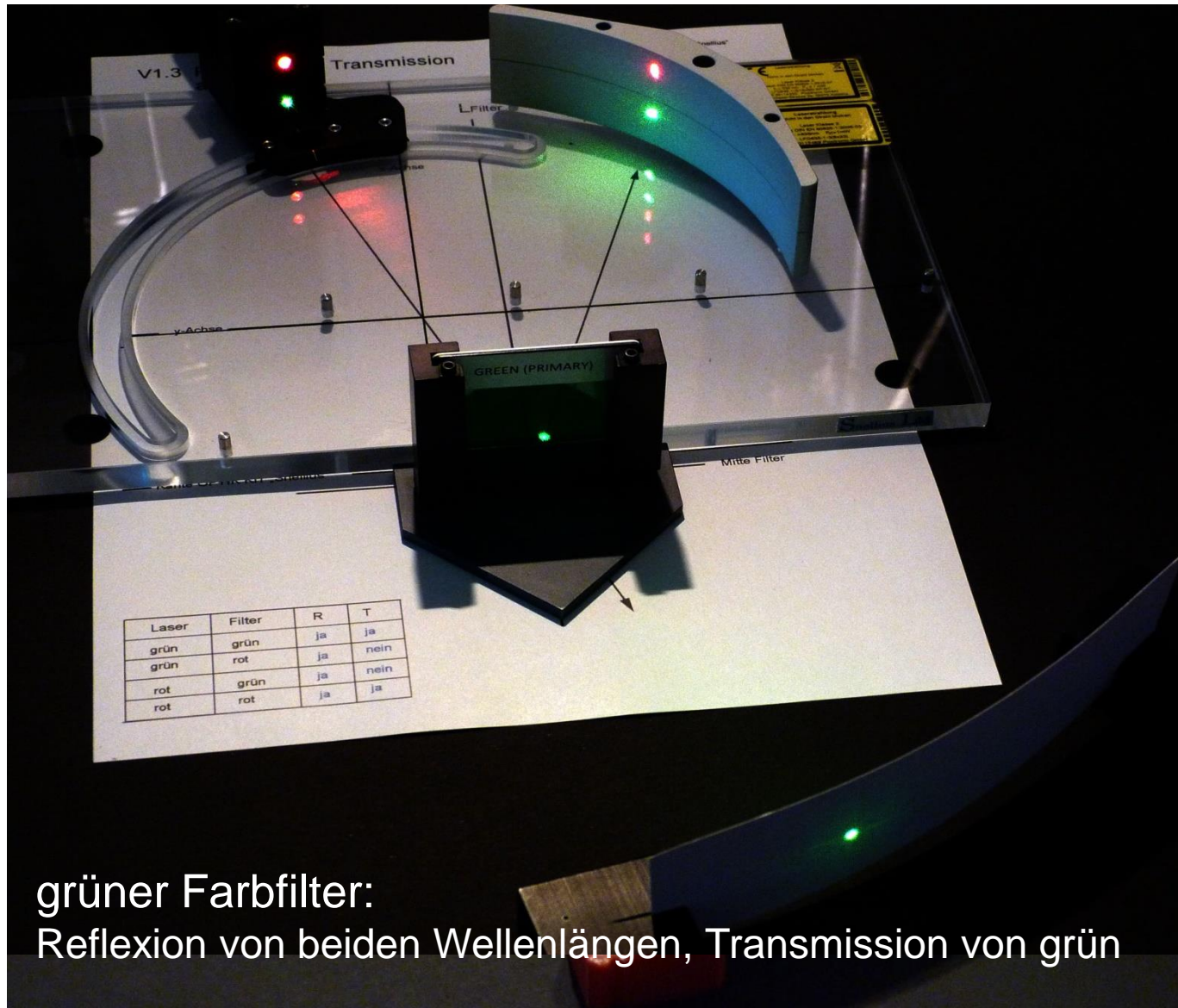
Spiegel in Verhörräumen der Polizei

dünne Metallfolie:
Strahlenspalter intensive Reflexion, geringe Transmission

Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

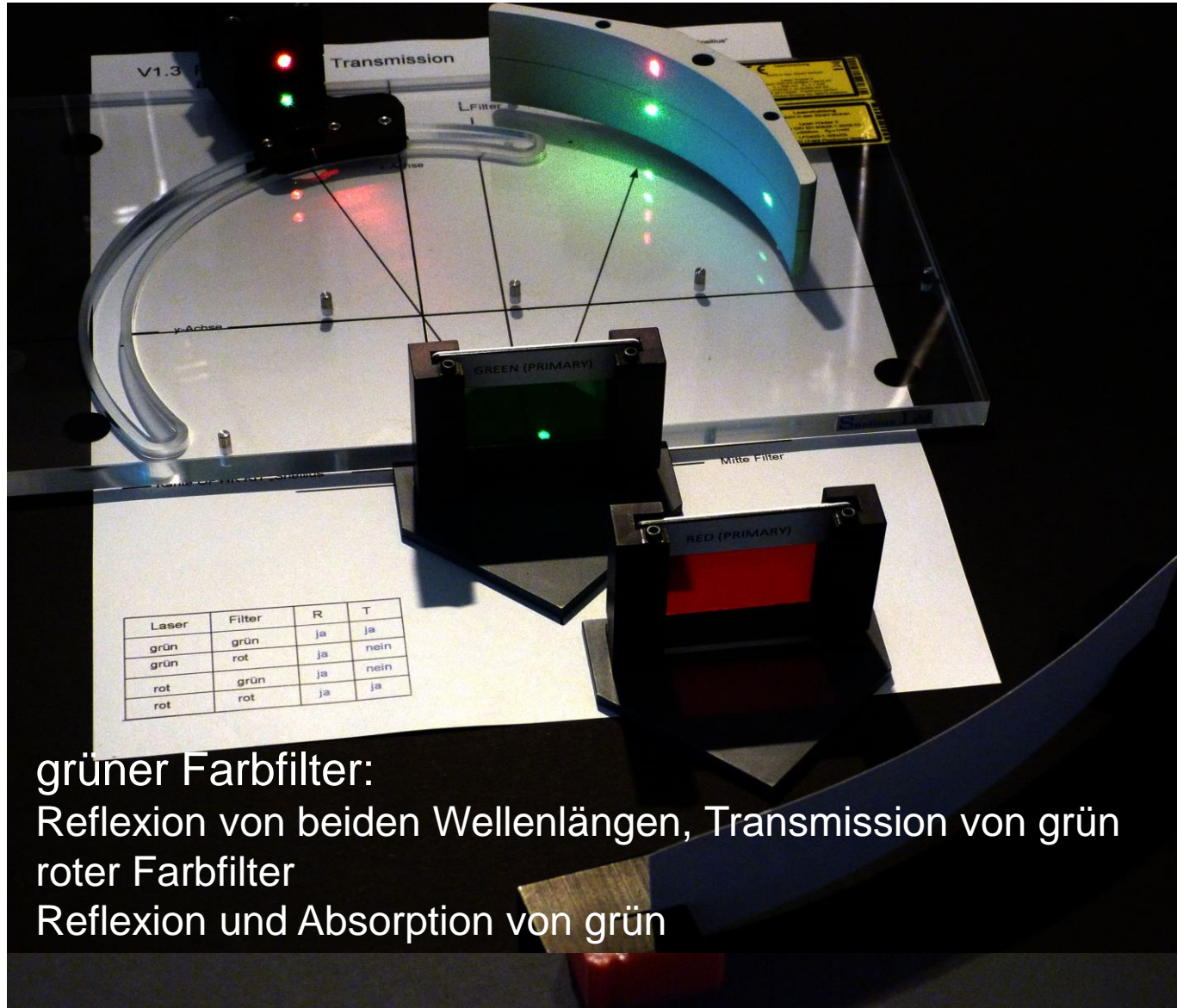
Klärung der verschiedenen Phänomene



Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Strahlen treffen auf verschiedene optische Materialien

Klärung der verschiedenen Phänomene



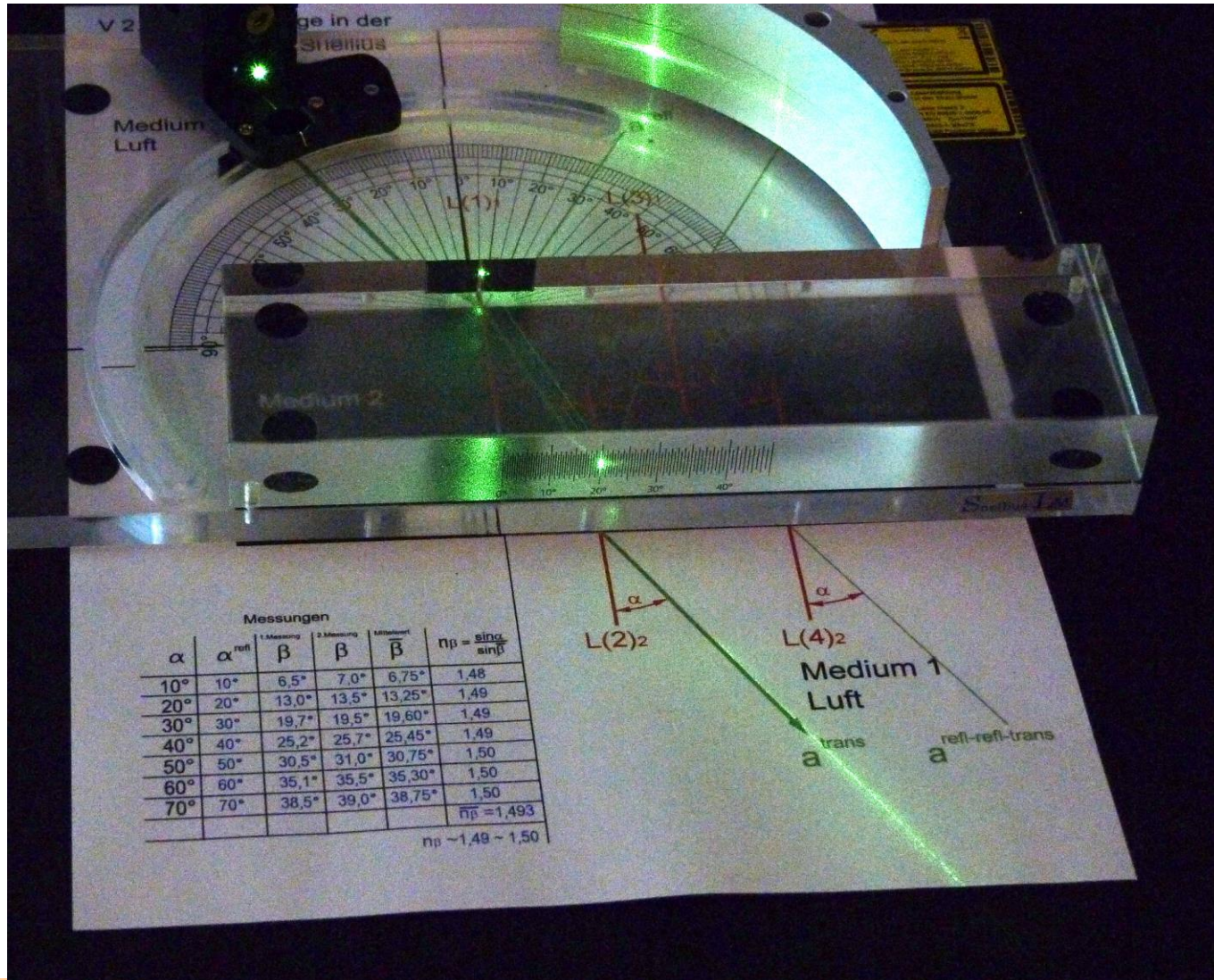
grüner Farbfilter:

Reflexion von beiden Wellenlängen, Transmission von grün

roter Farbfilter

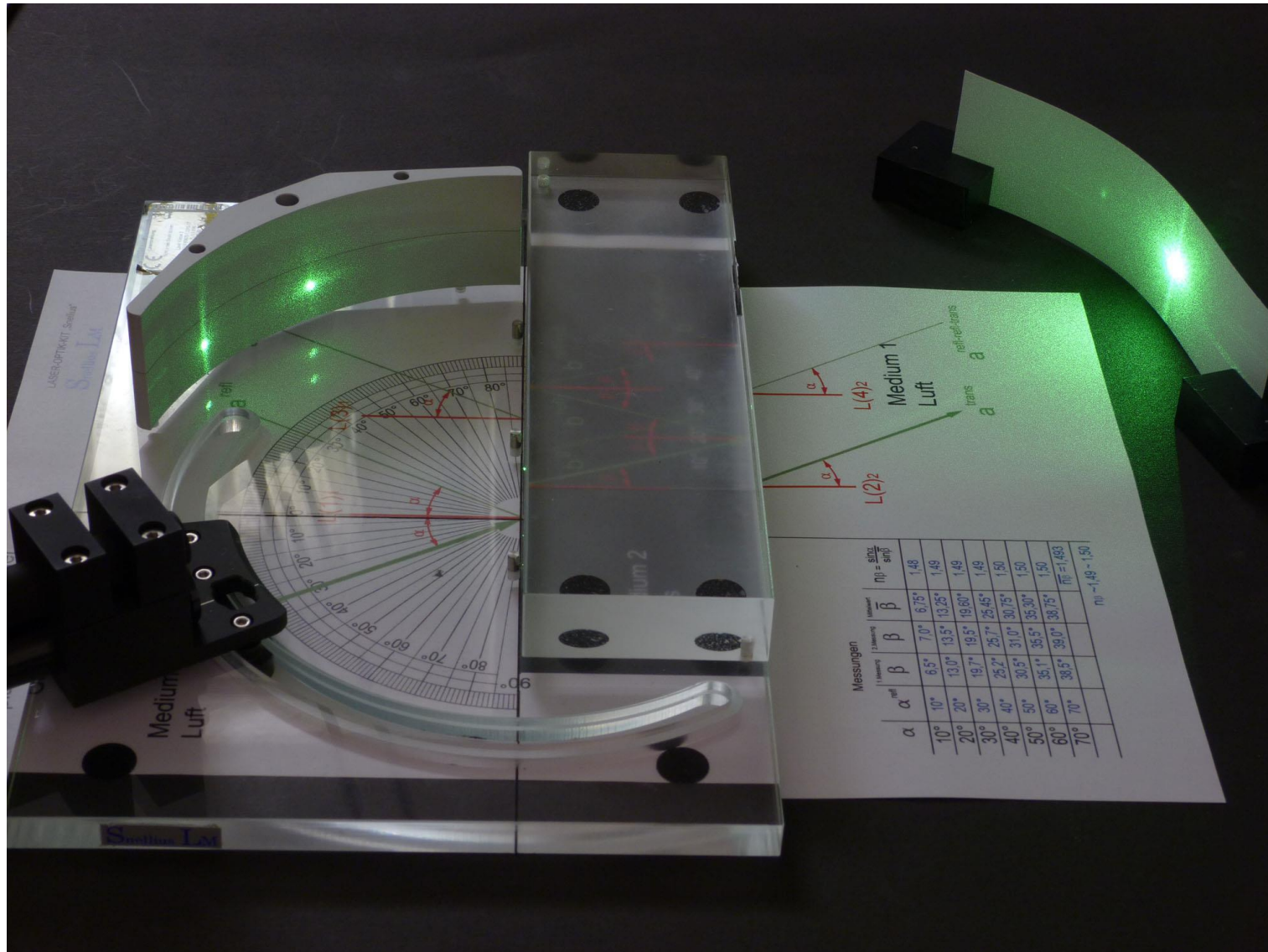
Reflexion und Absorption von grün

V. 2.1 Strahlengänge an der planparallelen Platte

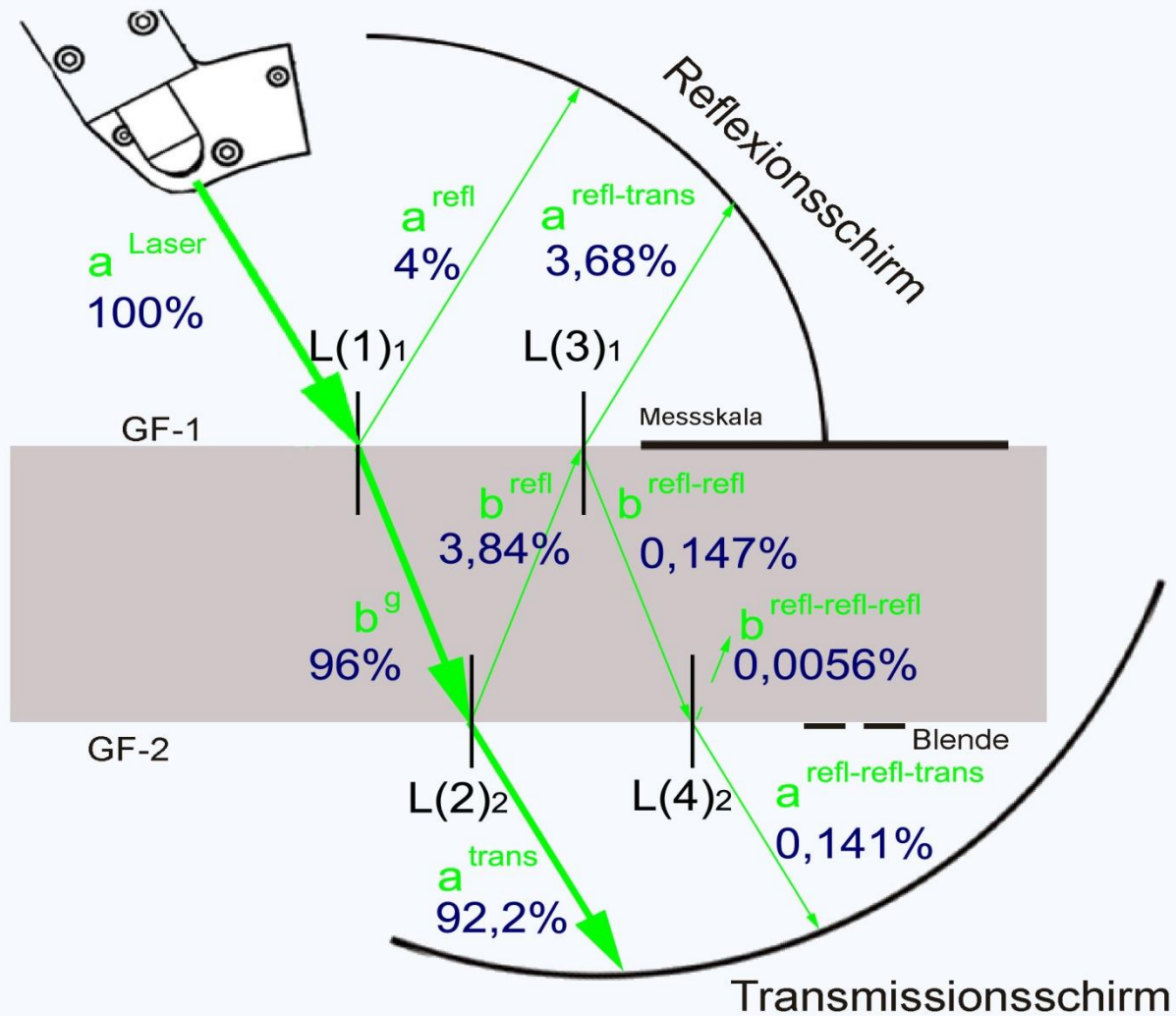


- Reflexions- und Brechungsgesetz an zwei Grenzflächen quantitativ
- Parallelverschiebung des transmittierten Strahls

V. 2.2 Intensitäten der Teilstrahlen an der planparallelen Platte



V. 2.2 Intensitäten der Teilstrahlen an der planparallelen Platte

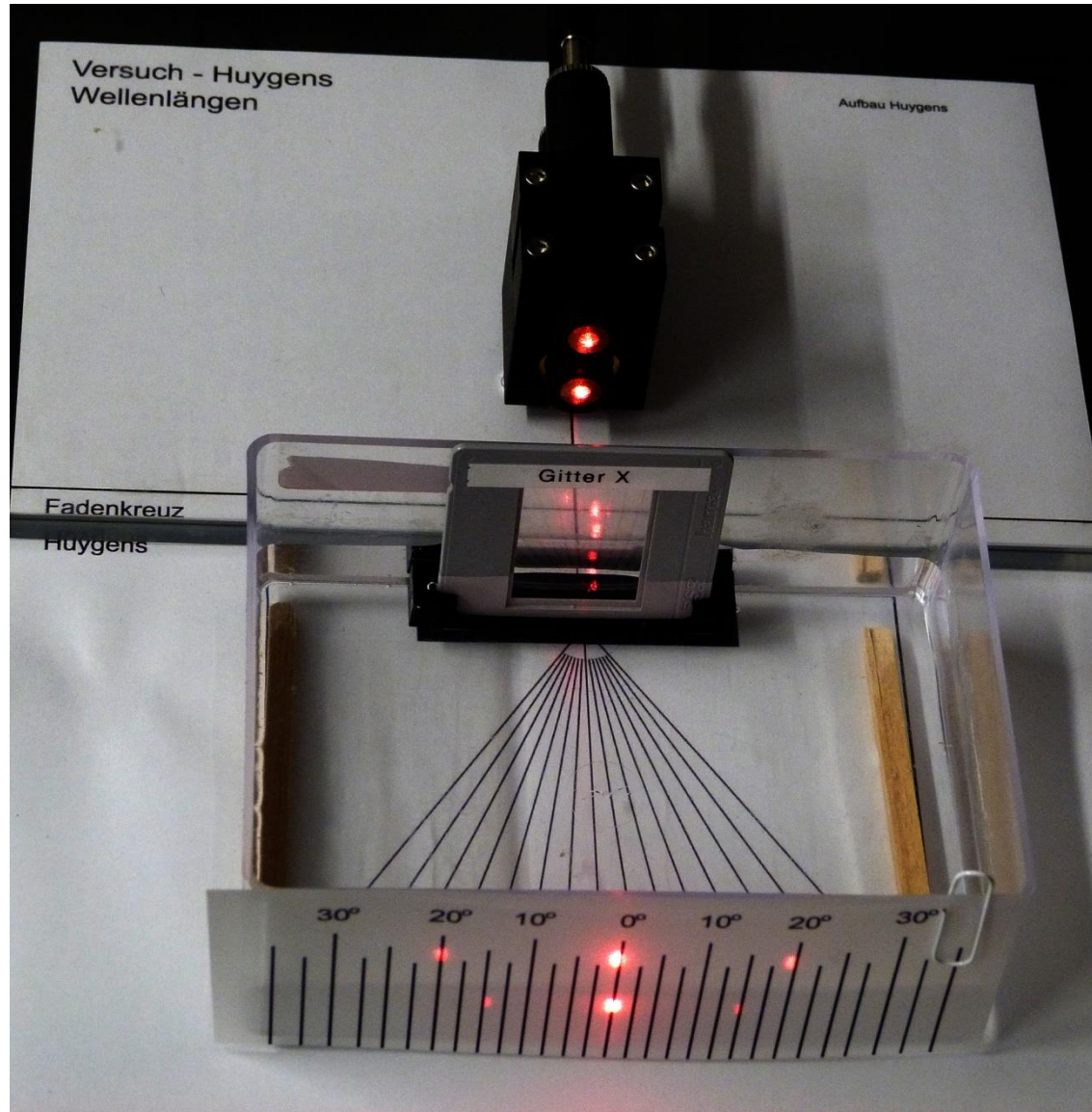


Kontext zur Natur



Wellenlänge oder Frequenz $c = f \lambda$

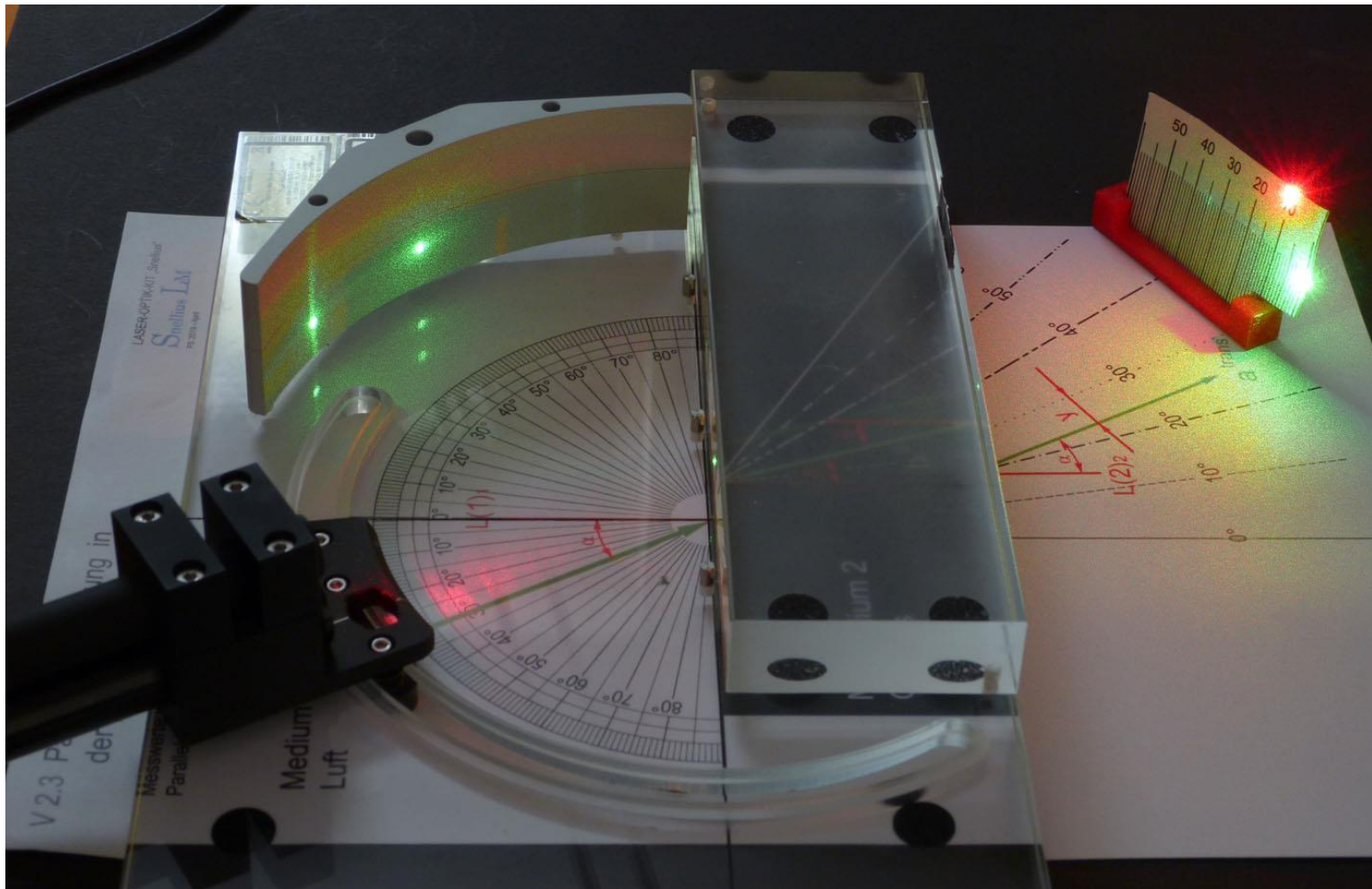
$$\lambda = \frac{1}{d} \sin \Theta$$



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

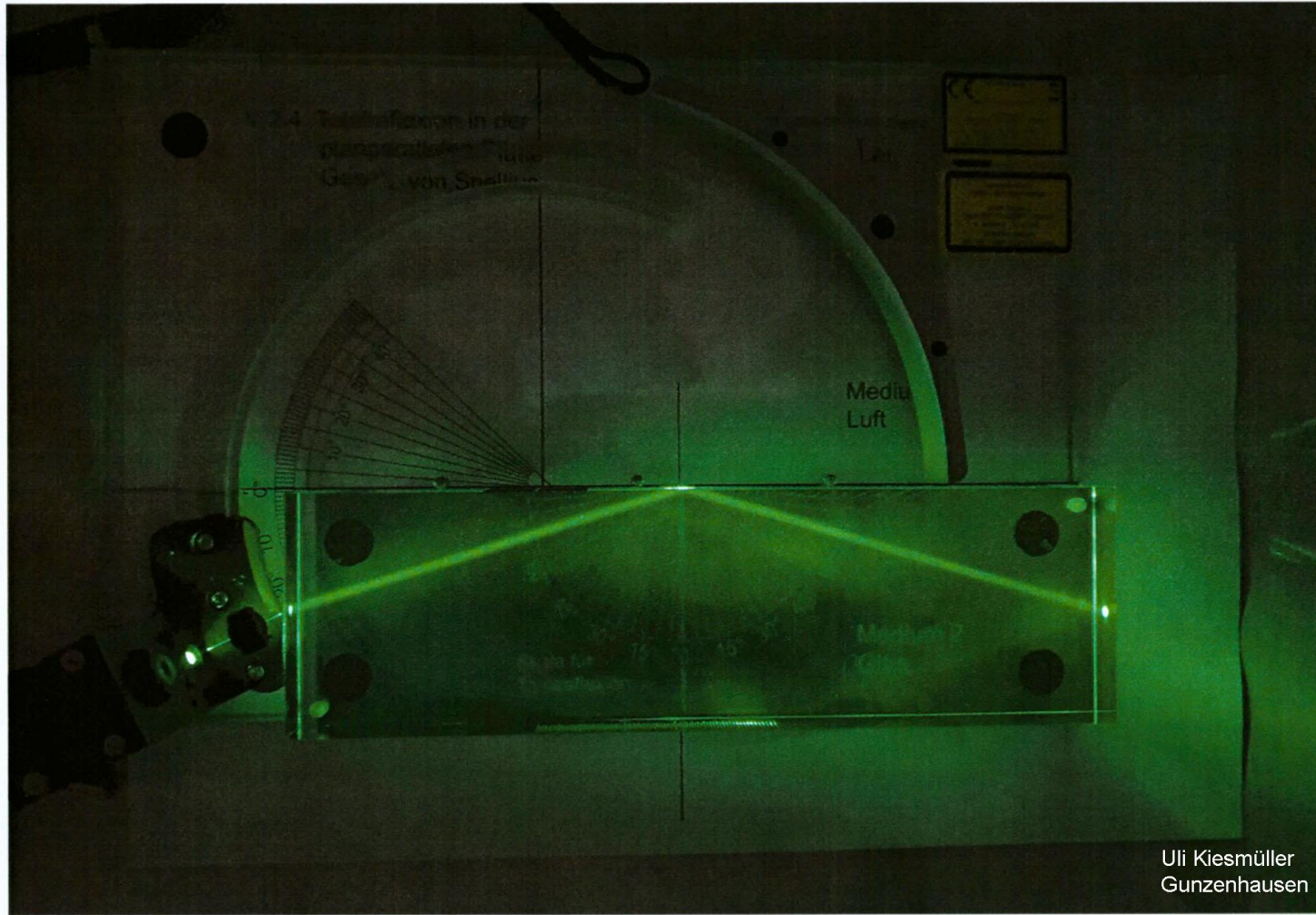
$$\lambda_{\text{Luft}} = \frac{1}{0,2} \mu\text{m} \sin 19 = 650\text{nm} \quad \lambda_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{0,2} \mu\text{m} \sin 15 = 517\text{nm}$$

V2.3 Parallelverschiebung



Der grüne Strahl wird parallelverschoben.

V2.4 Die Totalreflexion



- Kein Lichtaustritt auf Projektionswand beobachtbar
- Physikalische Grundlage für die Endoskopie in der Medizin

Tag der Physik im Simon-Mariusus-Gymnasium Gunzenhausen



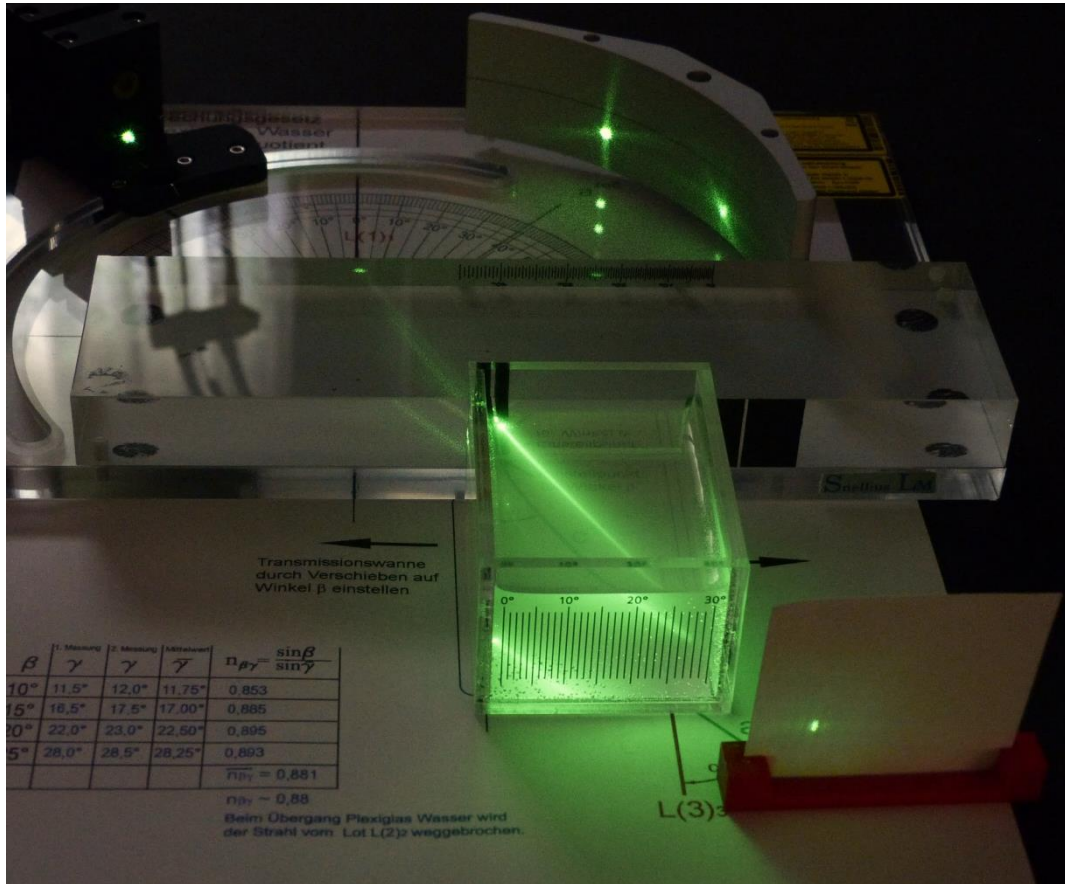
Der Reflexionsversuch Foto: Schaller 2020-03-12 Gunzenhausen

V2.4 Die Totalreflexion



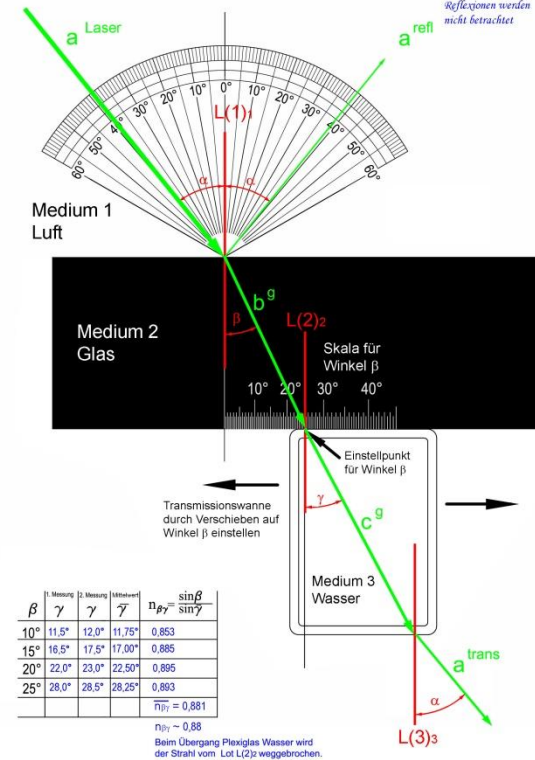
- Stark erwärmte Straße, Luft über der Straße hat geringere Dichte als die Luftschicht darüber

V2.6 Der Brechzahlquotient



V 2.6 Brechungsgesetz Plexiglas - Wasser Brechzahlquotient

LASER-OPTIK-KIT „Snellius“
Snellius LM
19.2019-April



Didaktisch wichtig:
Plexiglas ist Medium 2
Wasser ist Medium 3

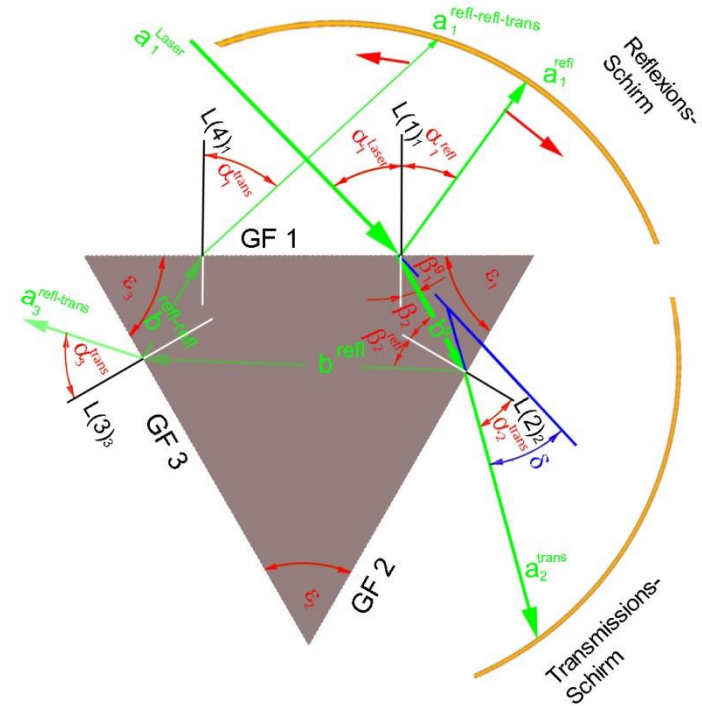
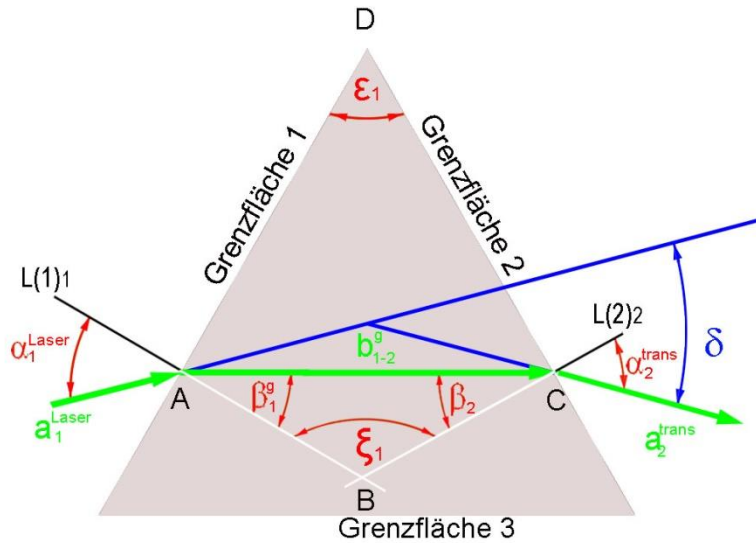
$$n_{\beta\gamma} = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} < 1$$

Brechung vom Lot weg

V3

vier Methoden der Brechzahlbestimmung

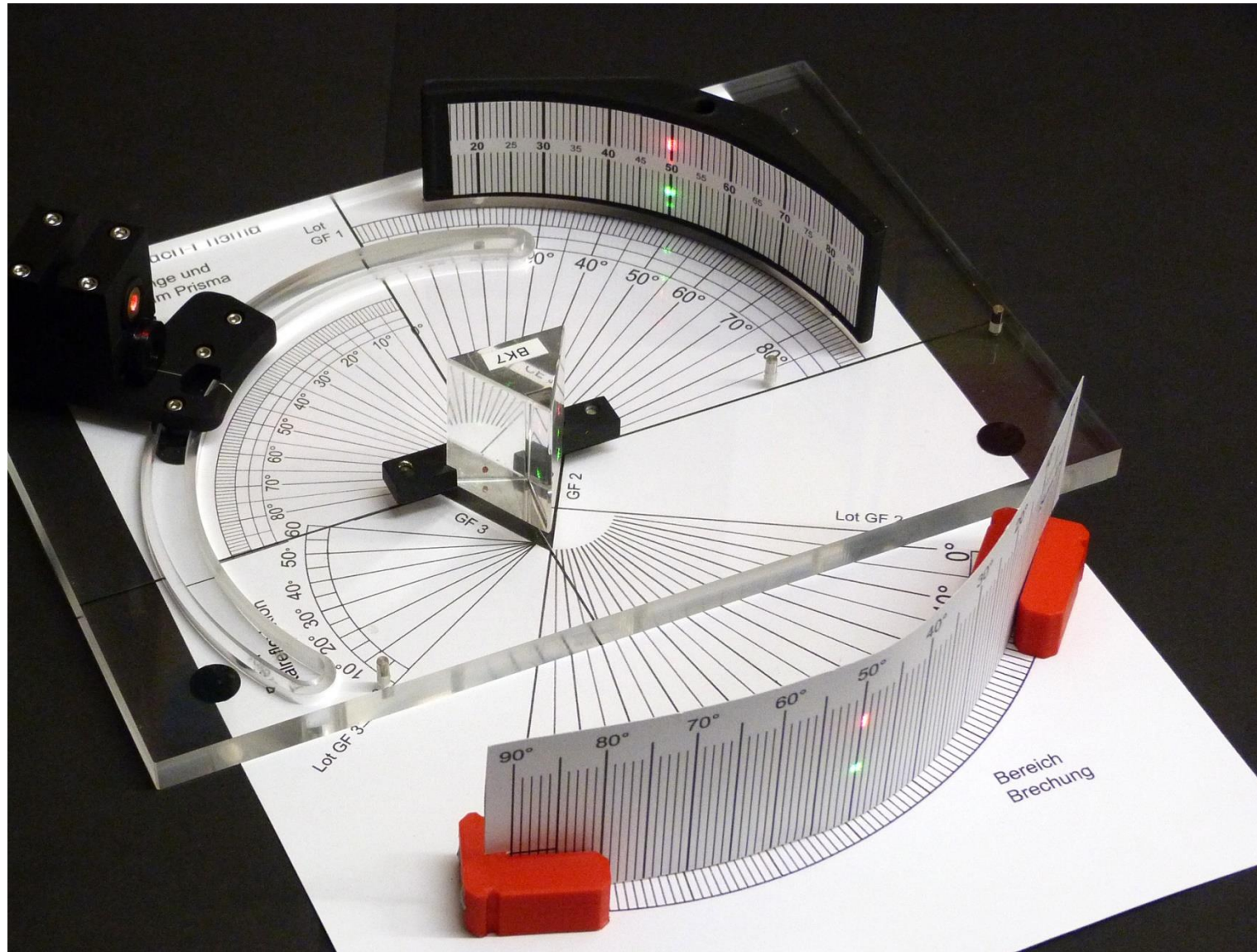
V3.1- Im Prisma am Winkel der geringsten Ablenkung



$$\delta_{\min} = \alpha_1^{\text{Laser}} + \alpha_2^{\text{trans}} - \varepsilon_1$$

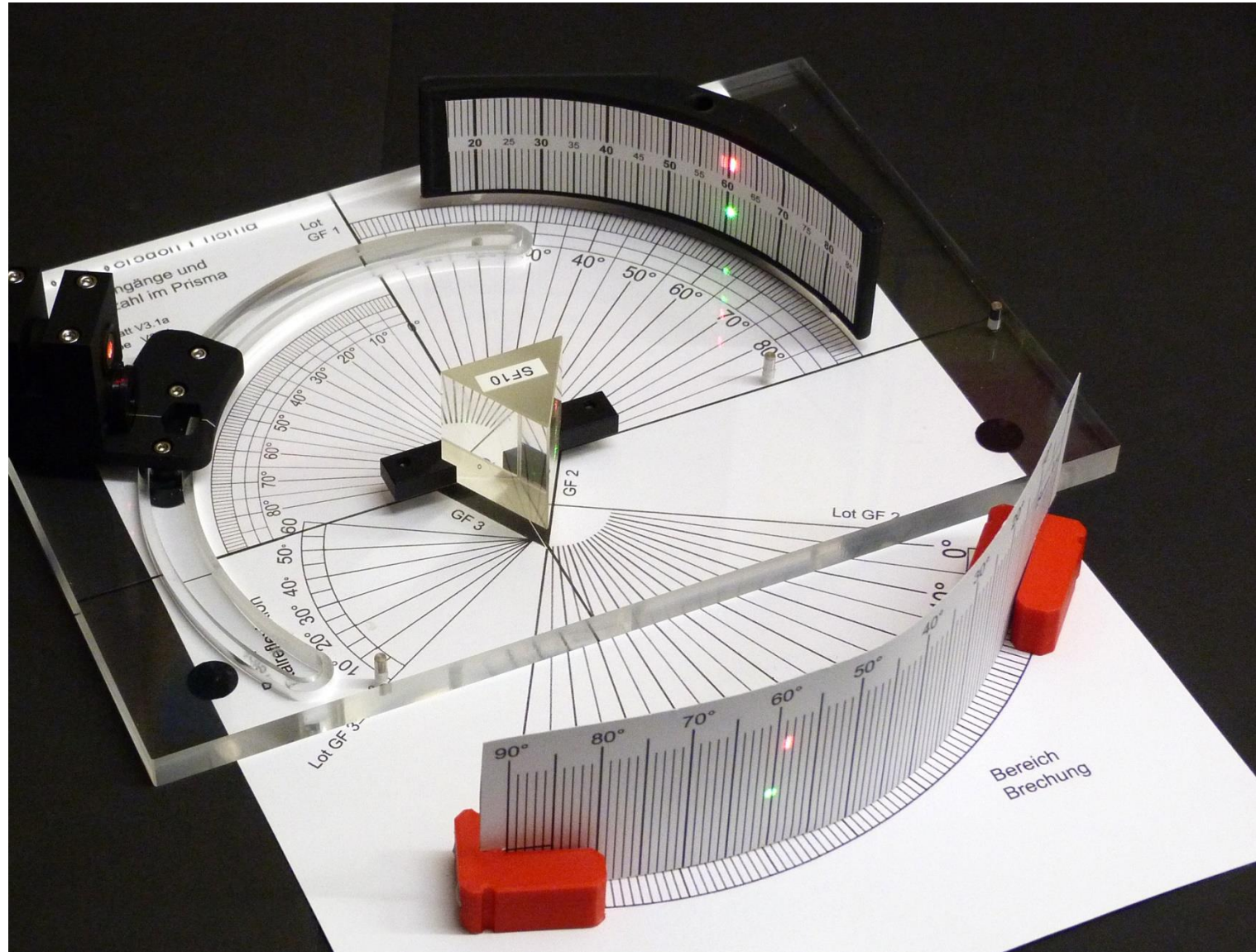
$$n_{\beta} = \frac{\sin\left(\frac{\delta_{\min} + \varepsilon_1}{2}\right)}{\sin\frac{\varepsilon_1}{2}}$$

V3.1- Im Prisma am Winkel der geringsten Ablenkung



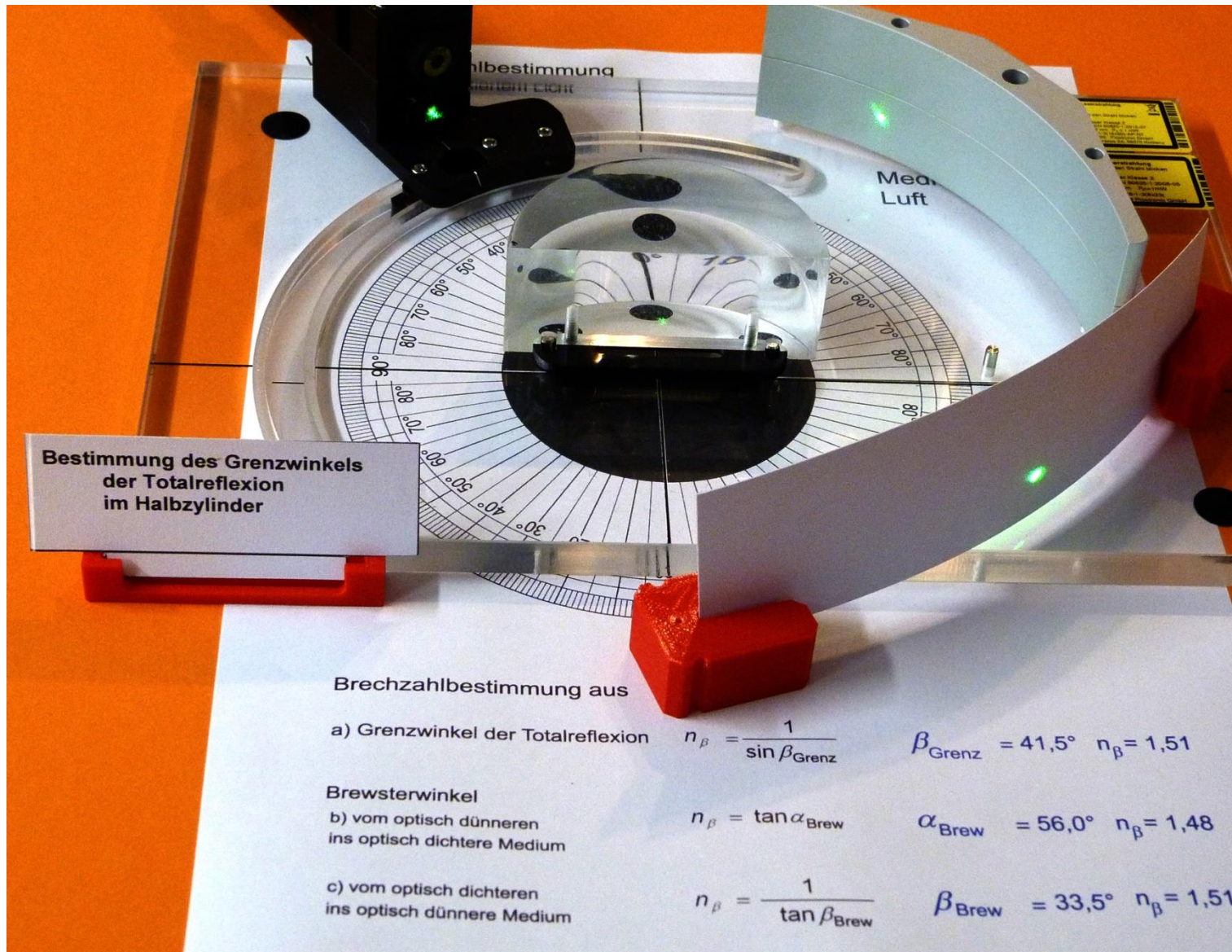
$$n_{\text{Kron}} = 1,51$$

V3.1- Im Prisma am Winkel der geringsten Ablenkung

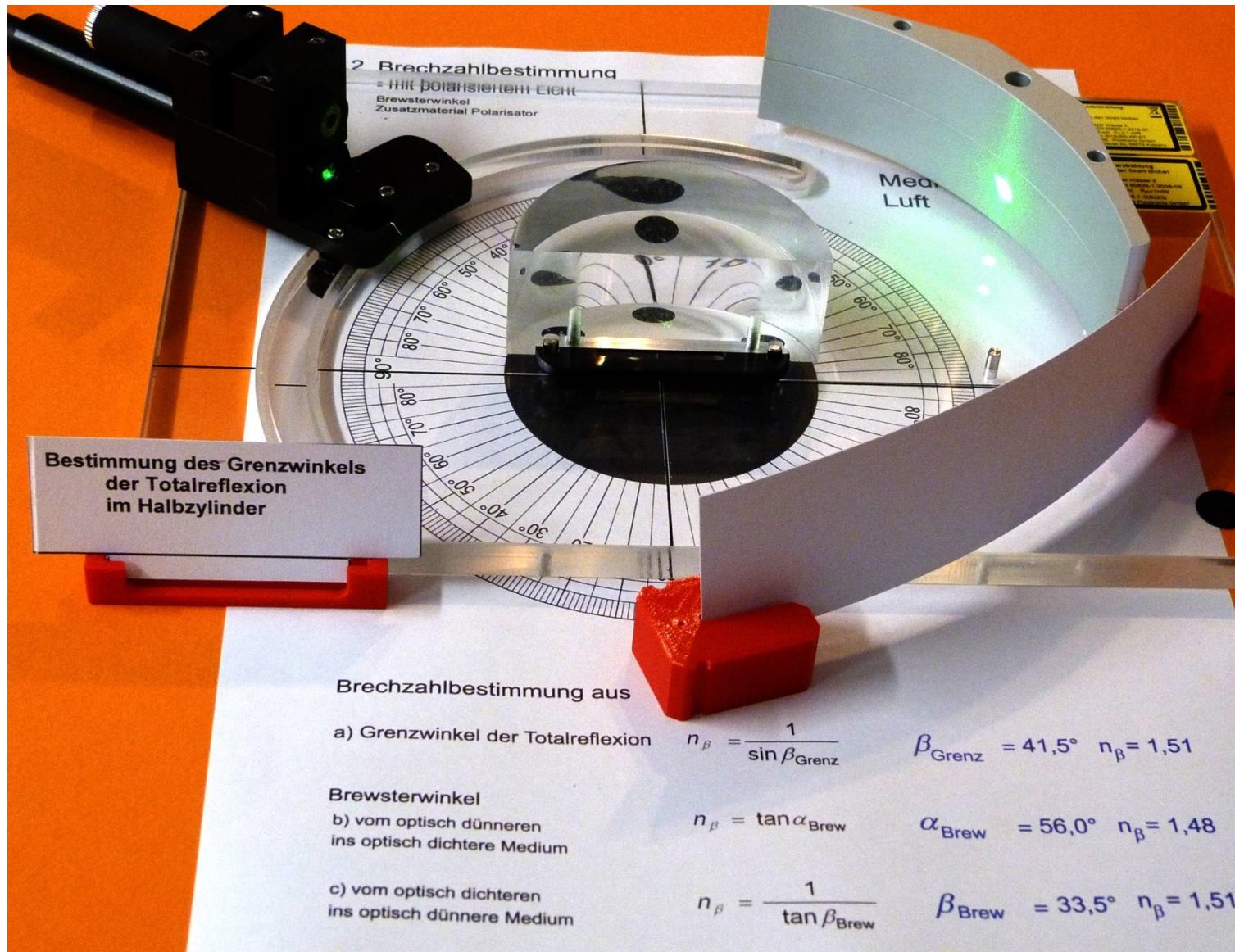


$$n_{\text{Flint}} = 1,71$$

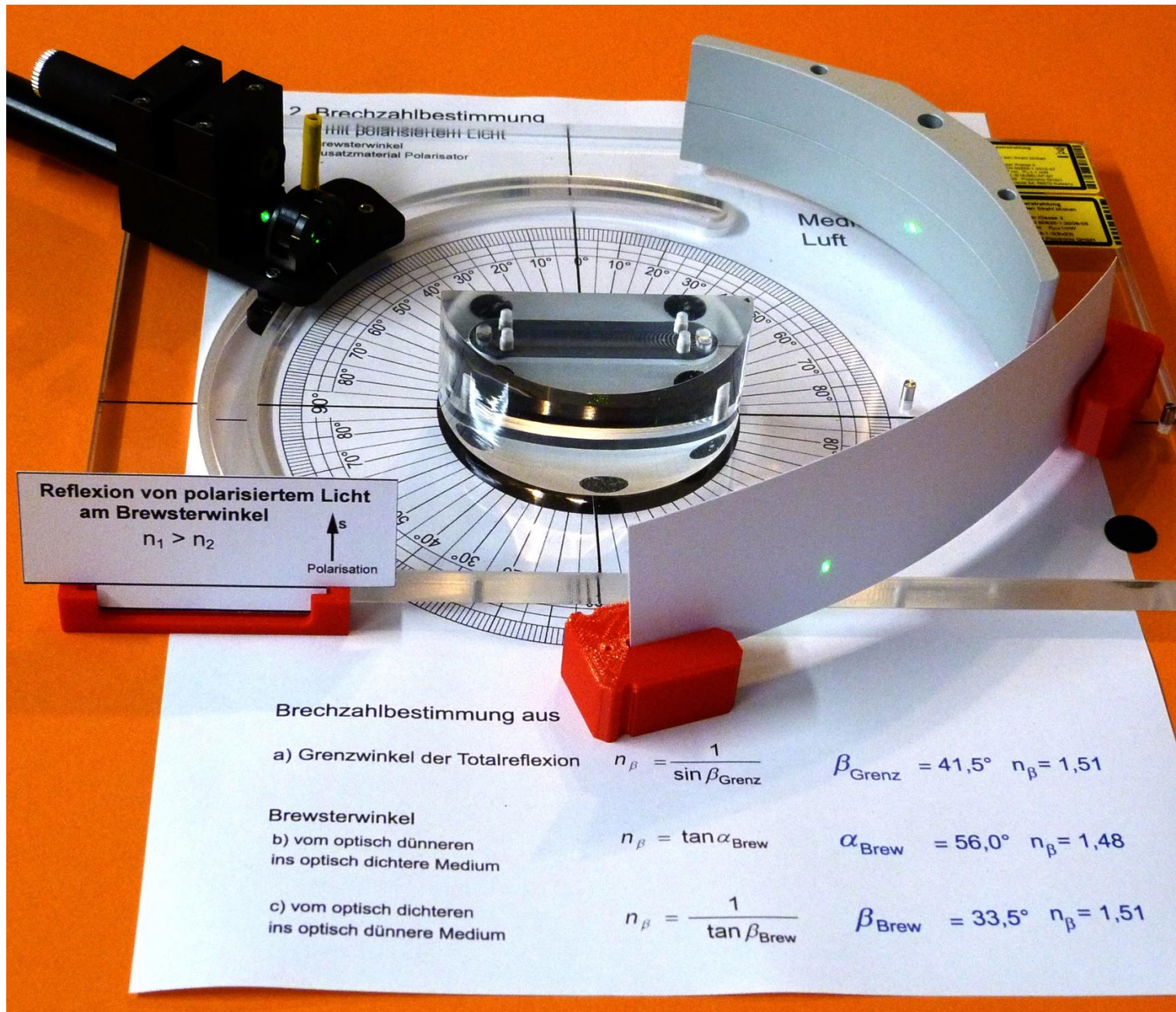
V3.2a- Am Grenzwinkel der Totalreflexion



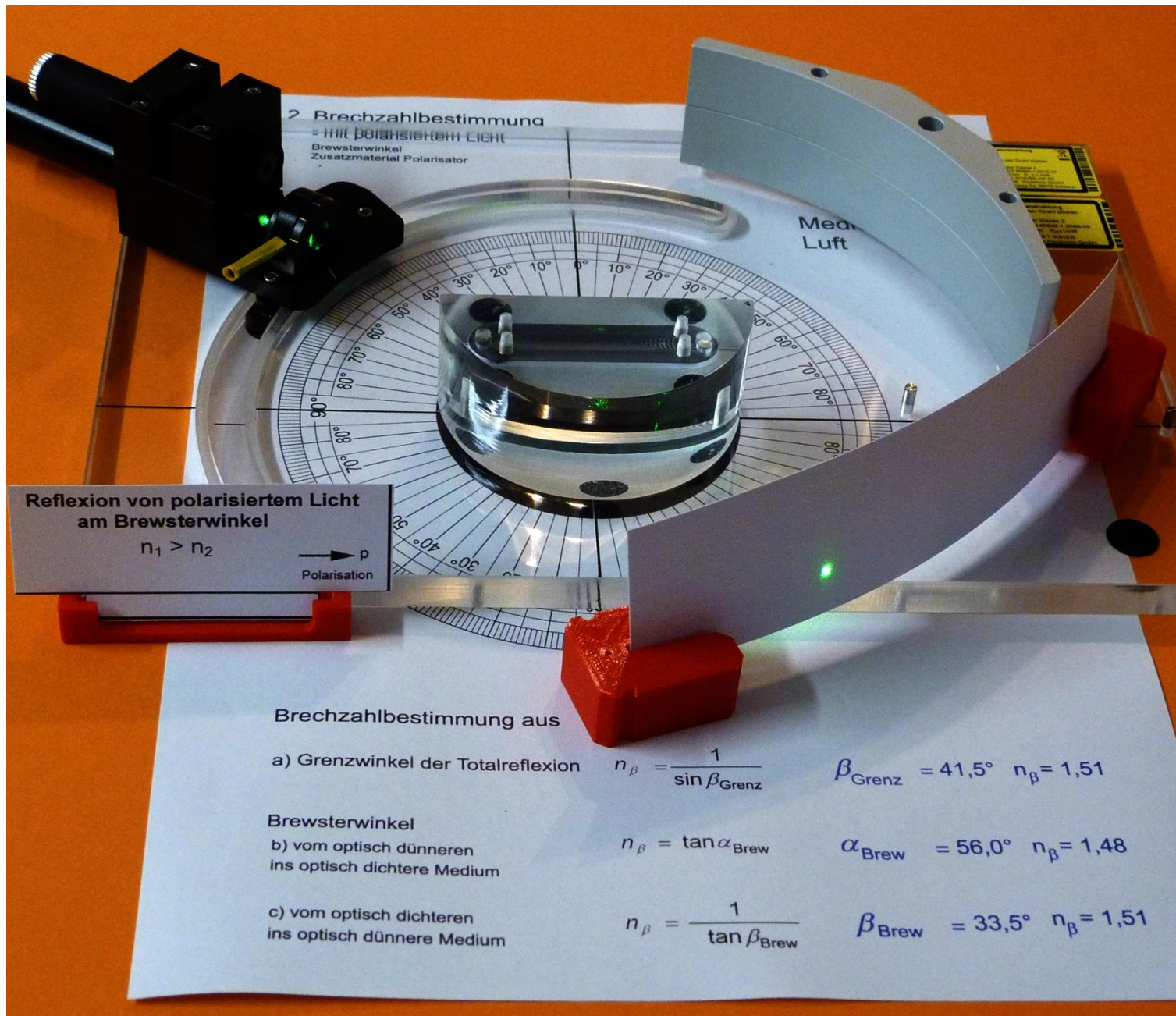
V3.2a- Am Grenzwinkel der Totalreflexion



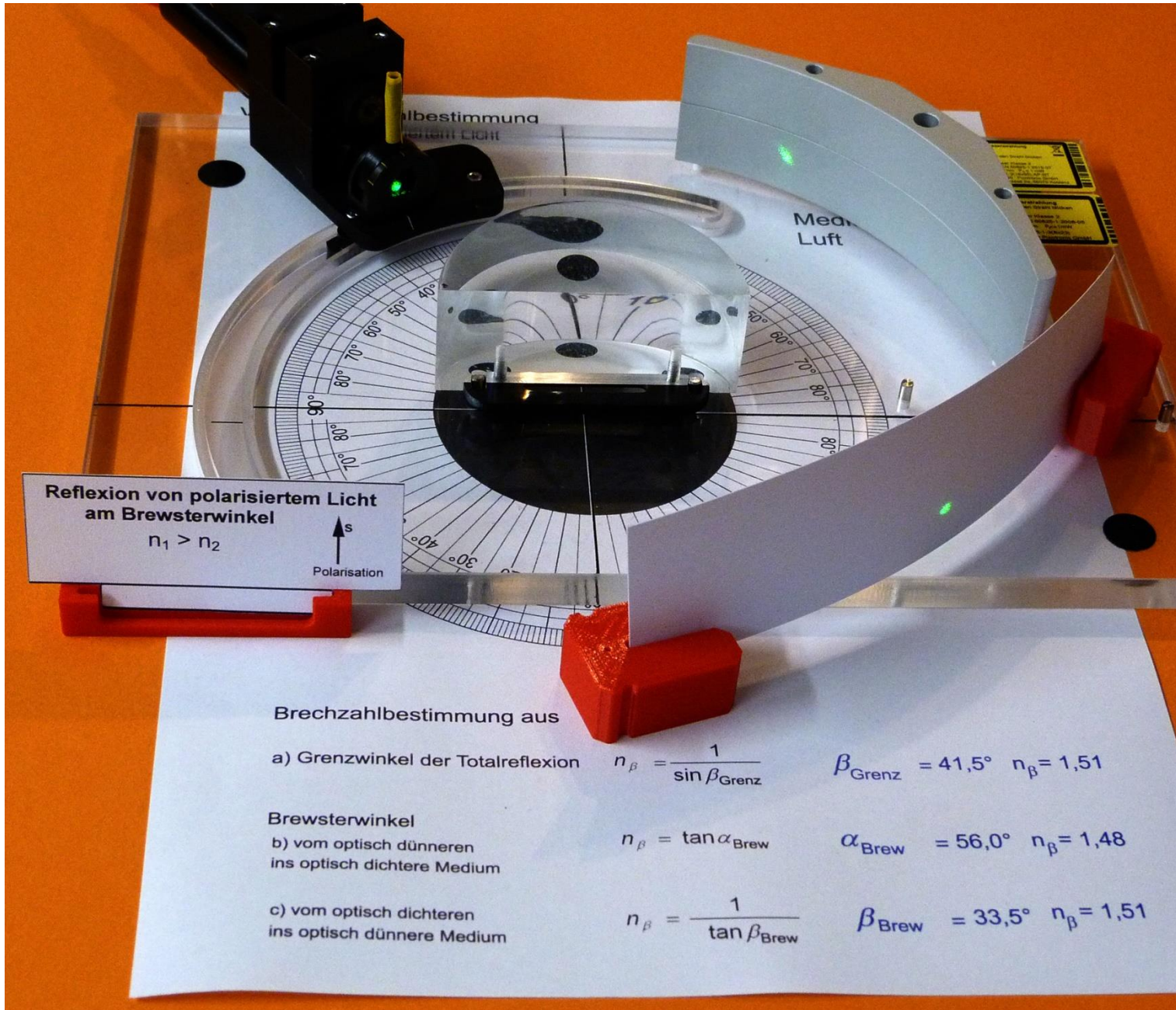
V3.2b- Am Brewsterwinkel $n_2 > n_1$



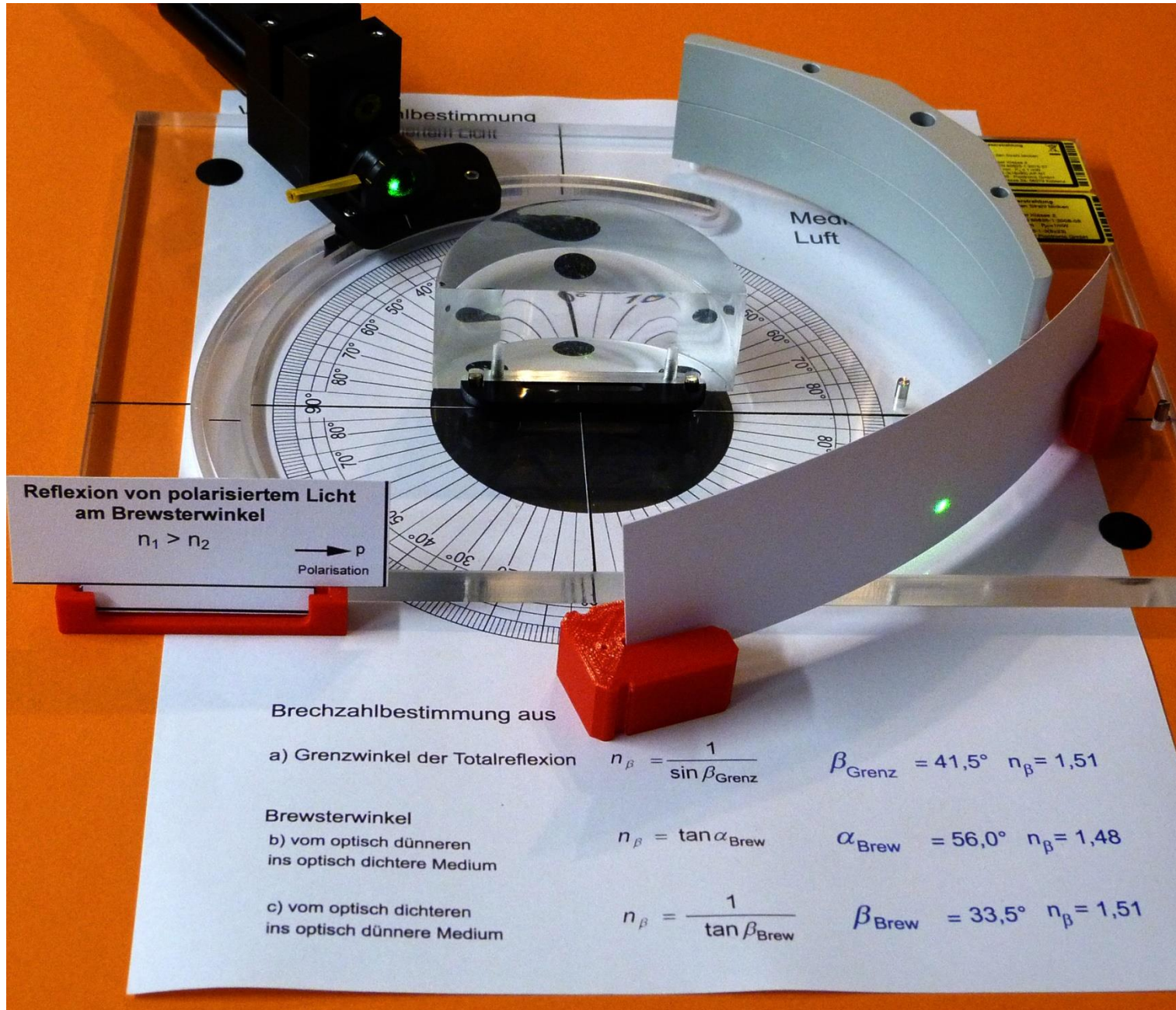
V3.2b- Am Brewsterwinkel $n_2 > n_1$



V3.2c- Am Brewsterwinkel $n_1 > n_2$



V3.2c- Am Brewsterwinkel $n_1 > n_2$



Reflexion von polarisiertem Licht

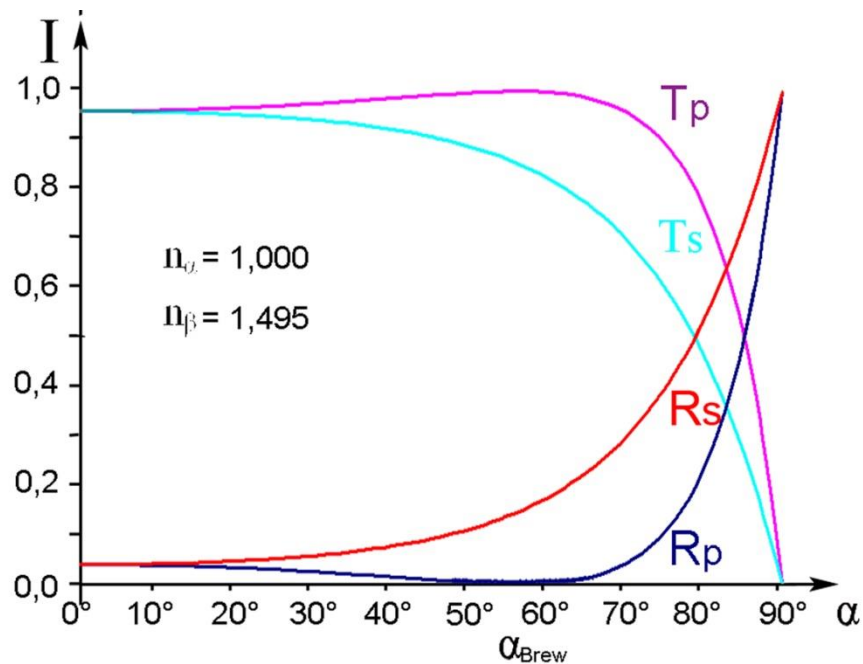
Fresnelschen Formeln

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

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

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

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



Starke Reflexion im Winter Sonne steht niedrig

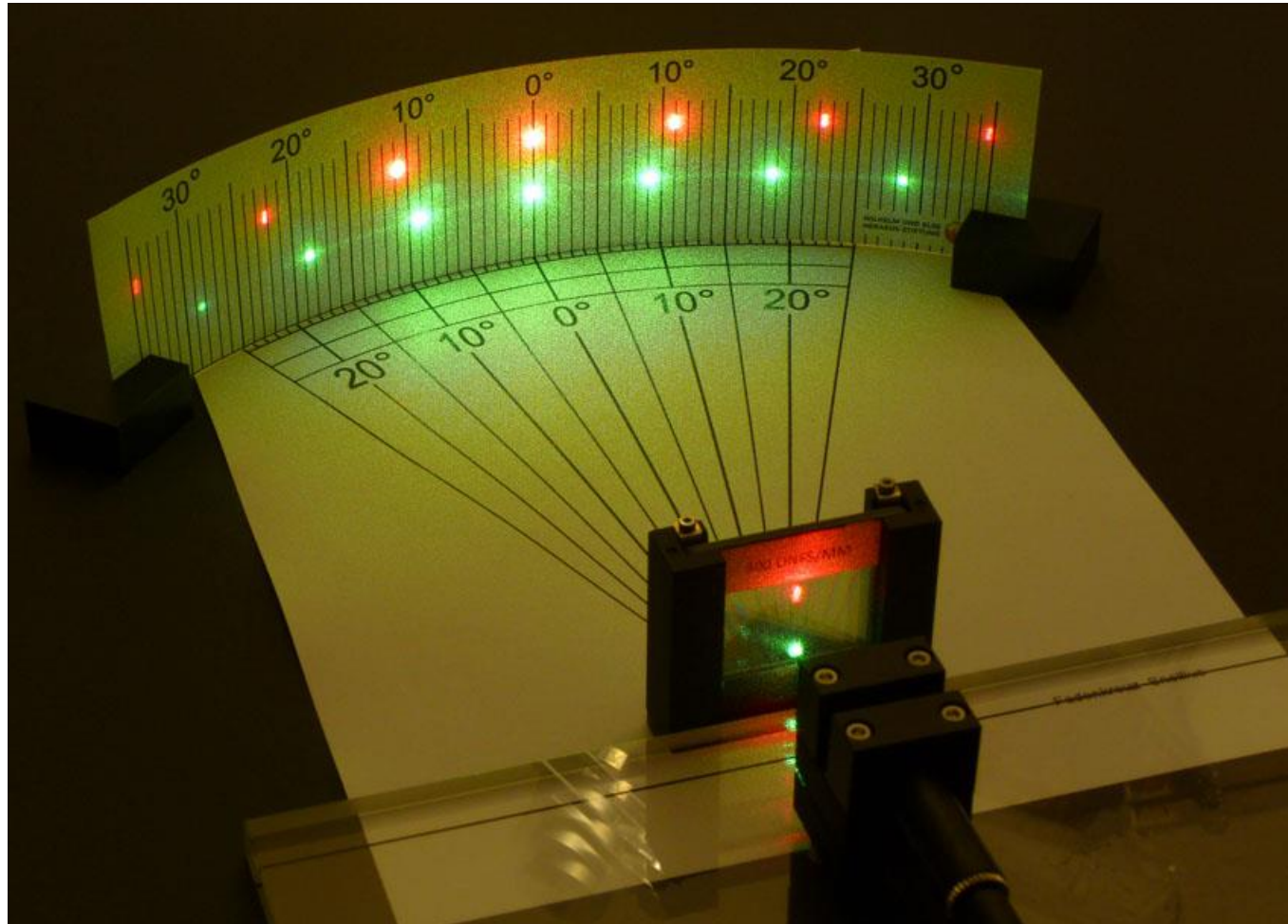


P-Seminar im Carl-Orff Gymnasium Unterschleißheim



Frau StRin Donhauser zeigt Modell von linear polarisiertem Licht anlässlich des 9. Workshops im MPQ Garching am 4. Juli 2019

V4 Wellenlängenbestimmung mittels Beugungsgittern



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

- Beugung am Gitter 300 Laserstrahl grün und rot

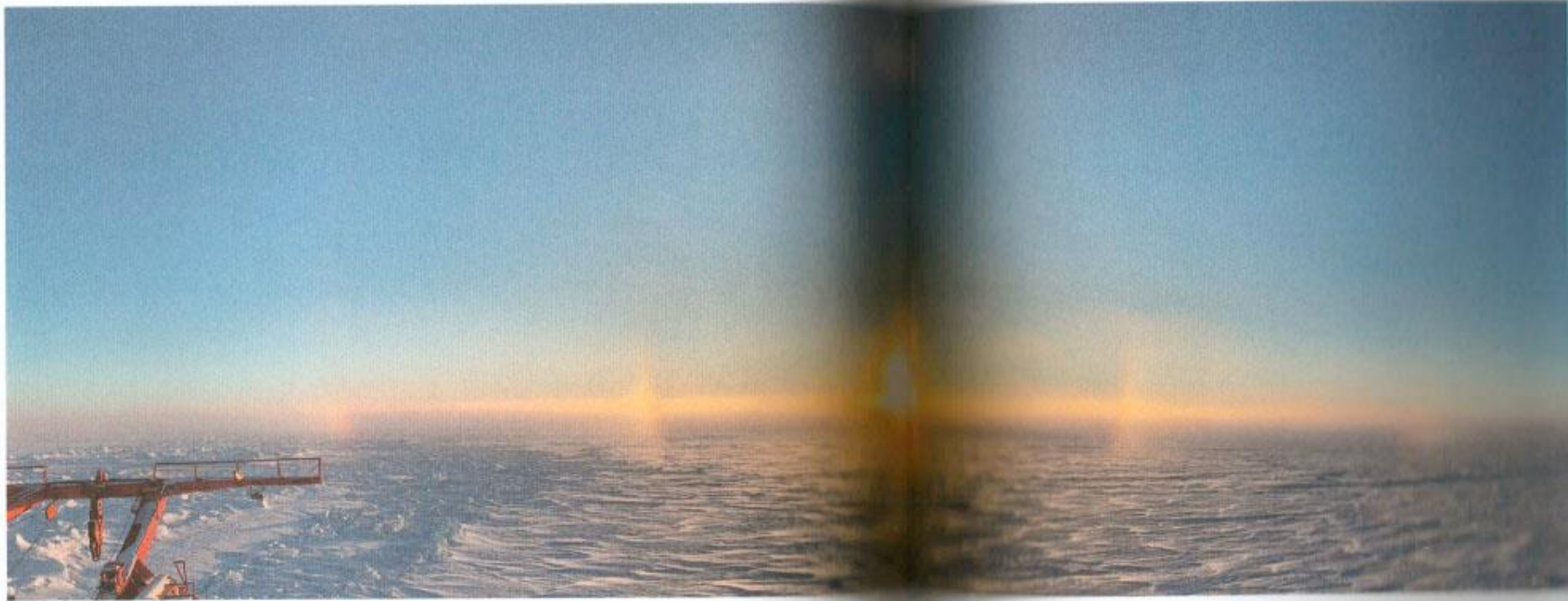
Beugung elektromagnetischer Wellen ist wellenlängenabhängig

Tag der Physik im Simon-Mariusus-Gymnasium Gunzenhausen



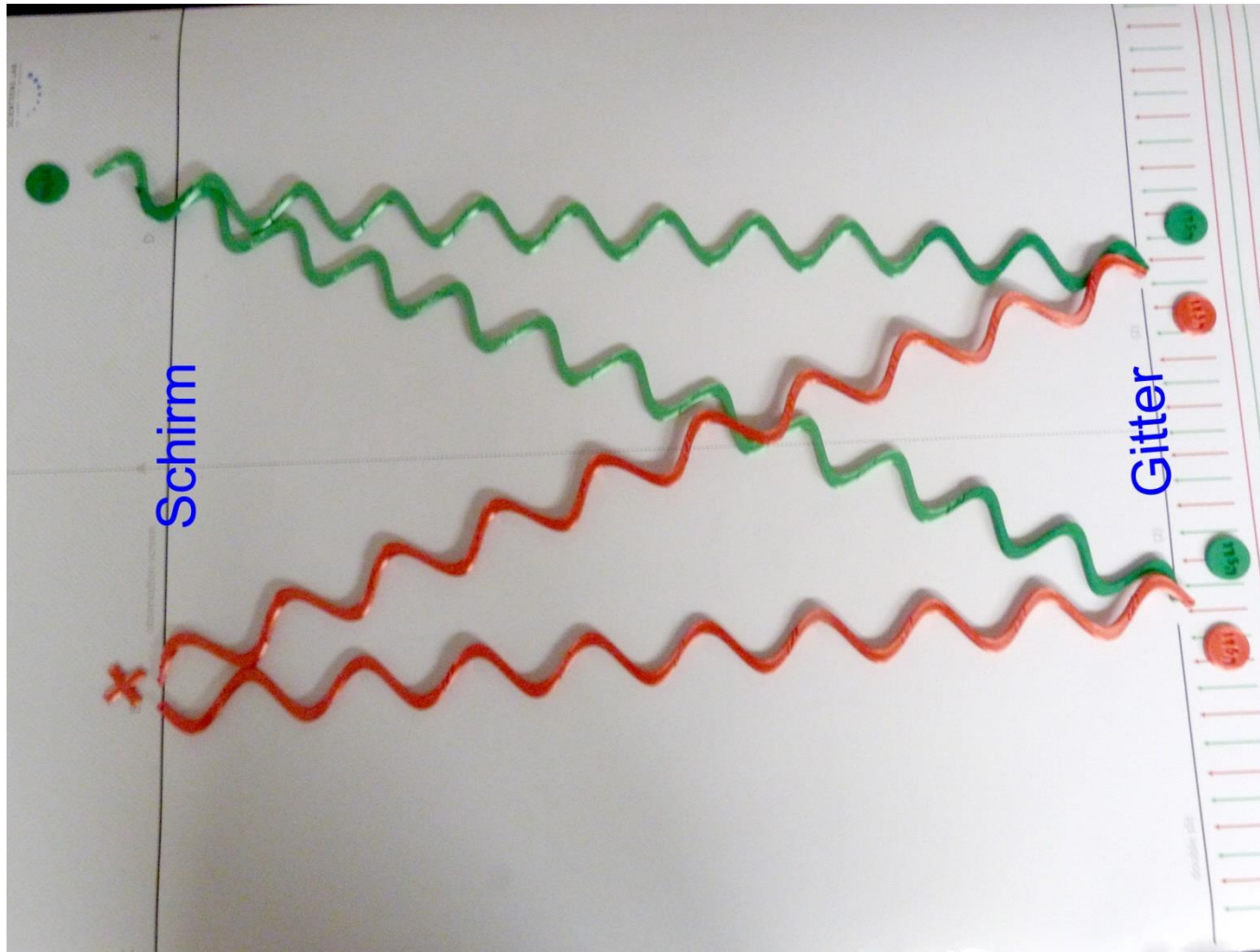
Der Gitterversuch

Beugung an den Eiskristallen am Nordpol



Quelle: Markus Rex

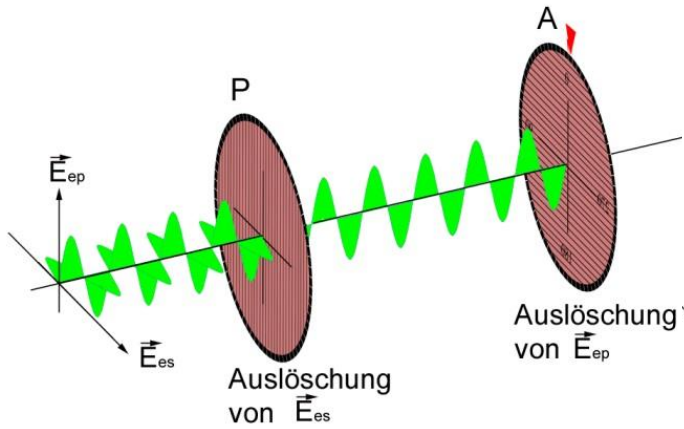
V4 Wellenlängenbestimmung mittels Beugungsgittern



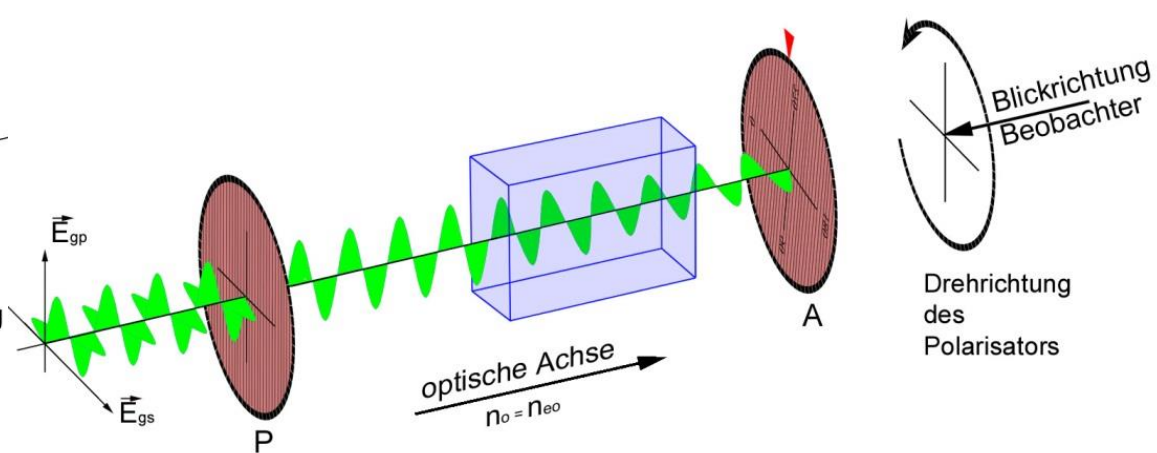
Modell für konstruktive und destruktive Interferenz
Universität Luxembourg

V5 Linear polarisiertes Licht - Optische Aktivität

Gekreuzte Polarisatoren

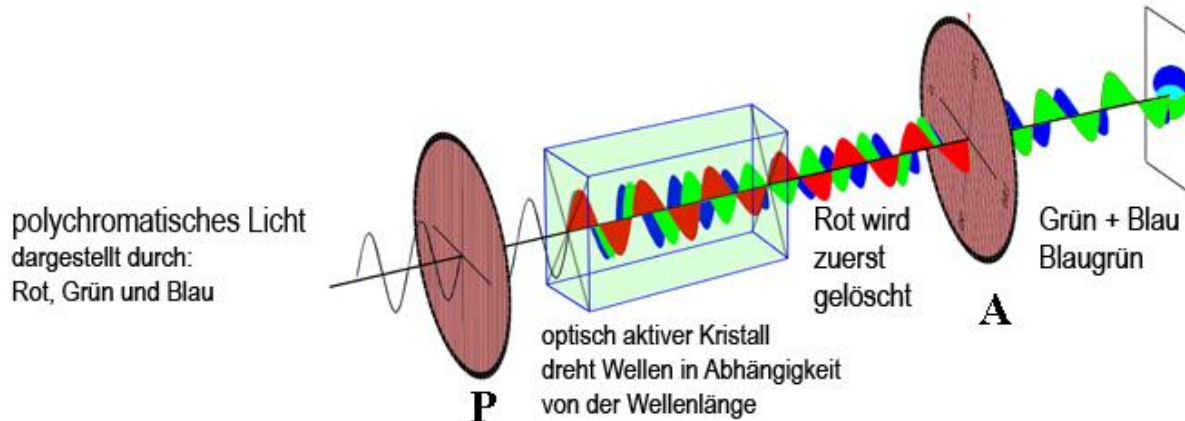


Optische Aktivität

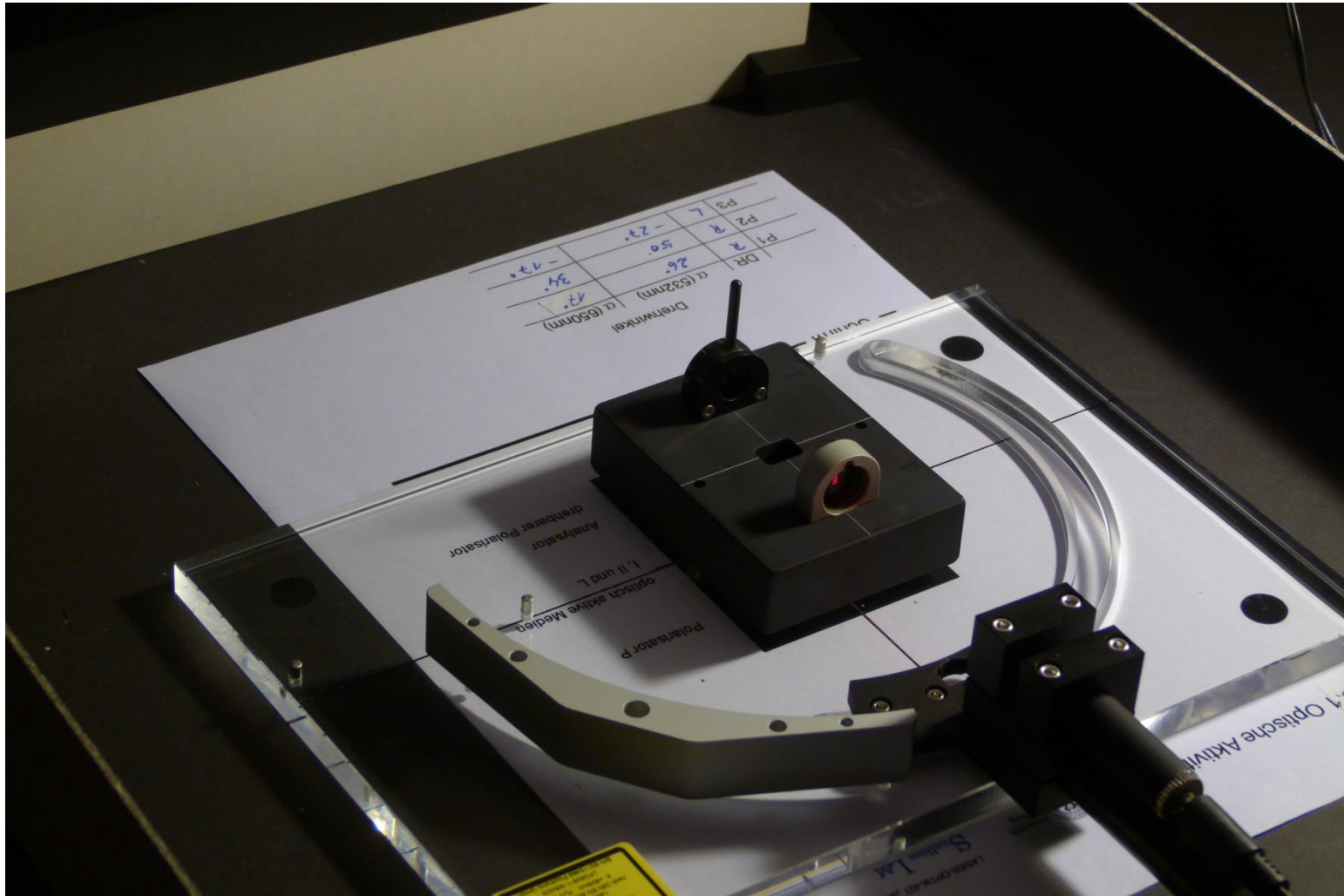


Optische Aktivität ist wellenlängenabhängig

Rotationsdispersion



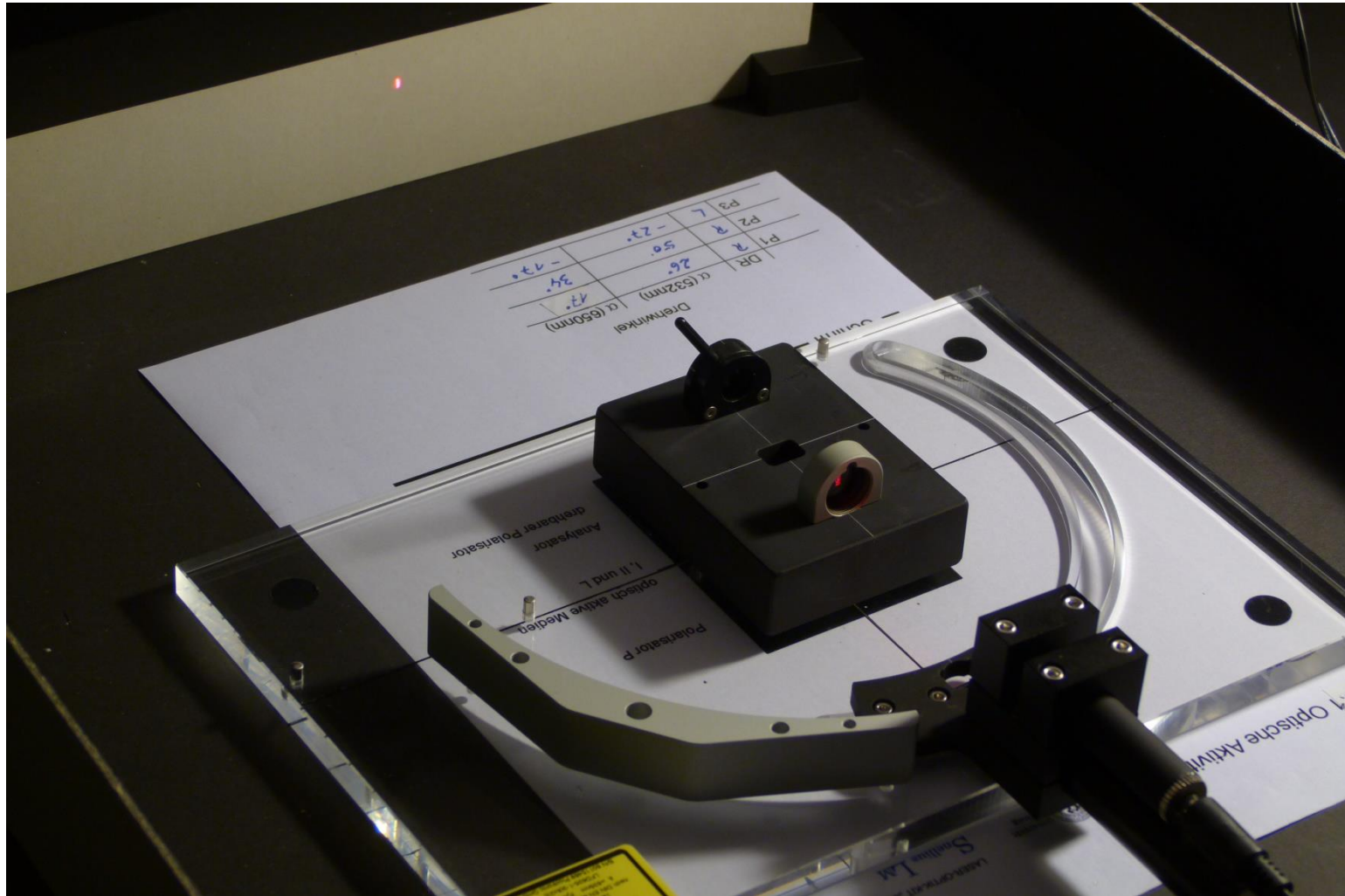
V5 Linear polarisiertes Licht – Optische Aktivität



Gekreuzte Polarisatoren

Auslöschung der Wellen

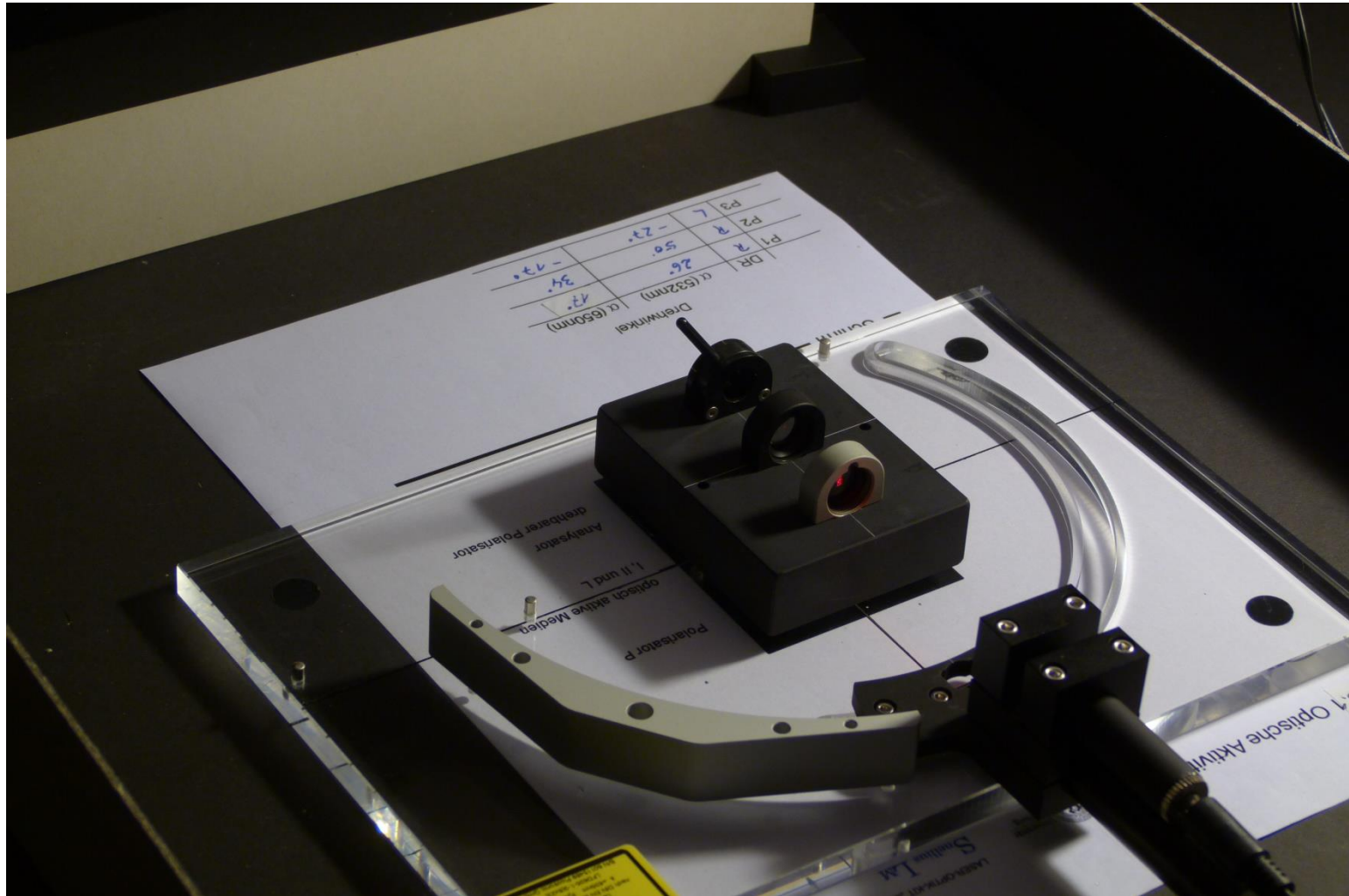
V5 Linear polarisiertes Licht – Optische Aktivität



Analysator wird verdreht

keine Auslöschung der Wellen

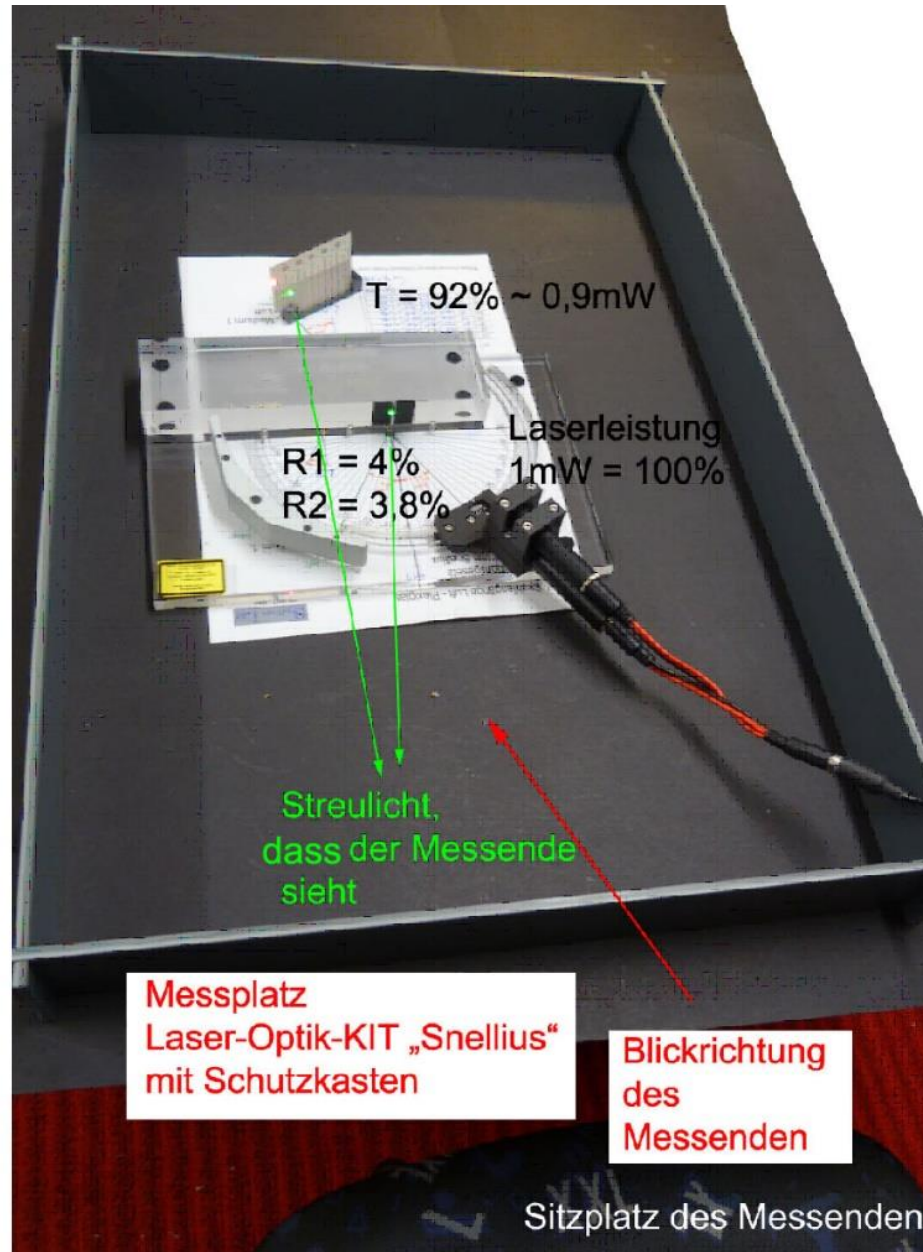
V5 Linear polarisiertes Licht – Optische Aktivität



Optisch aktives Medium dreht Polarisationsebene

Auslöschung der Wellen

Laserschutz



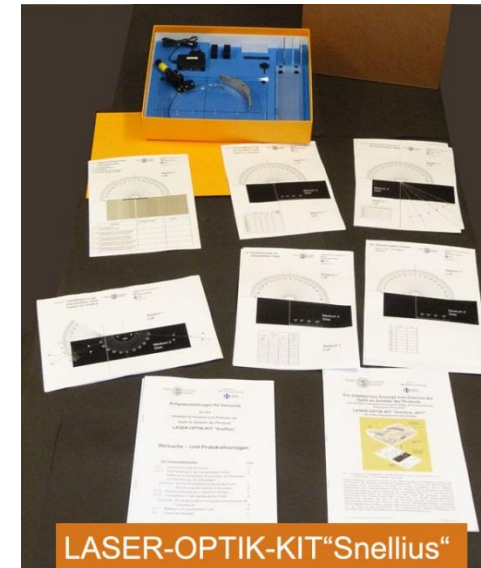
Möglicher Ablauf für den Einsatz des Laser-Optik-KITs „Snellius“ im P-Seminar:

2. Möglicher Ablauf während der Projektphase:

2.1 Übergabe des Klassensatzes an das Gymnasium
vier Wochen vor Beginn der Projektphase

Inhalt:

- Beschreibung physikalischer Grundlagen und Hintergründe
- Aufgabenstellungen für die Versuche
- ein Klassensatz LASER-OPTIK-KIT „Snellius“ (zwölf Experimentiersätze)
- Versuchs- und Protokollvorlagen für die Versuche



Möglicher Ablauf für den Einsatz des Laser-Optik-KITs „Snellius“ im P-Seminar:

2.2 Vertraut machen der Schüler des P-Seminars mit dem Laser-Optik-Kit

2.3 Durchführung des Projektes
(Unterstützung durch Dr. Peter Schaller)



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

Danke für Ihre Aufmerksamkeit