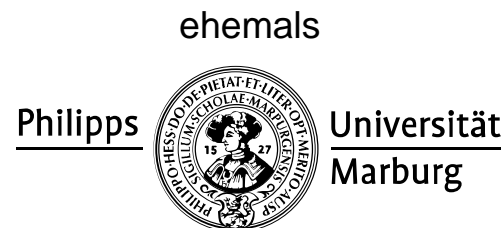


Pilotprojekt der Lehrmittelkommission „Neue optische Experimente für die Physikausbildung im Zeitalter der Photonics“

8. Workshop der Lehrmittelkommission
Universität Rostock
Institut für Physik

Dr. Peter Schaller
Leiter der Lehrmittelkommission



Gliederung

1. Das Pilotprojekt
2. Didaktisches Konzept
3. Die Basics – Licht trifft auf ein Hindernis
4. Reflexion, Brechung und Totalreflexion
5. Der Brewsterwinkel – das Tor zur Wellenoptik
6. Gitter und Prisma, Wellenlängen - Brechzahlen
7. Optische Aktivität – Wellenlängenabhängigkeit
8. Zusammenfassung

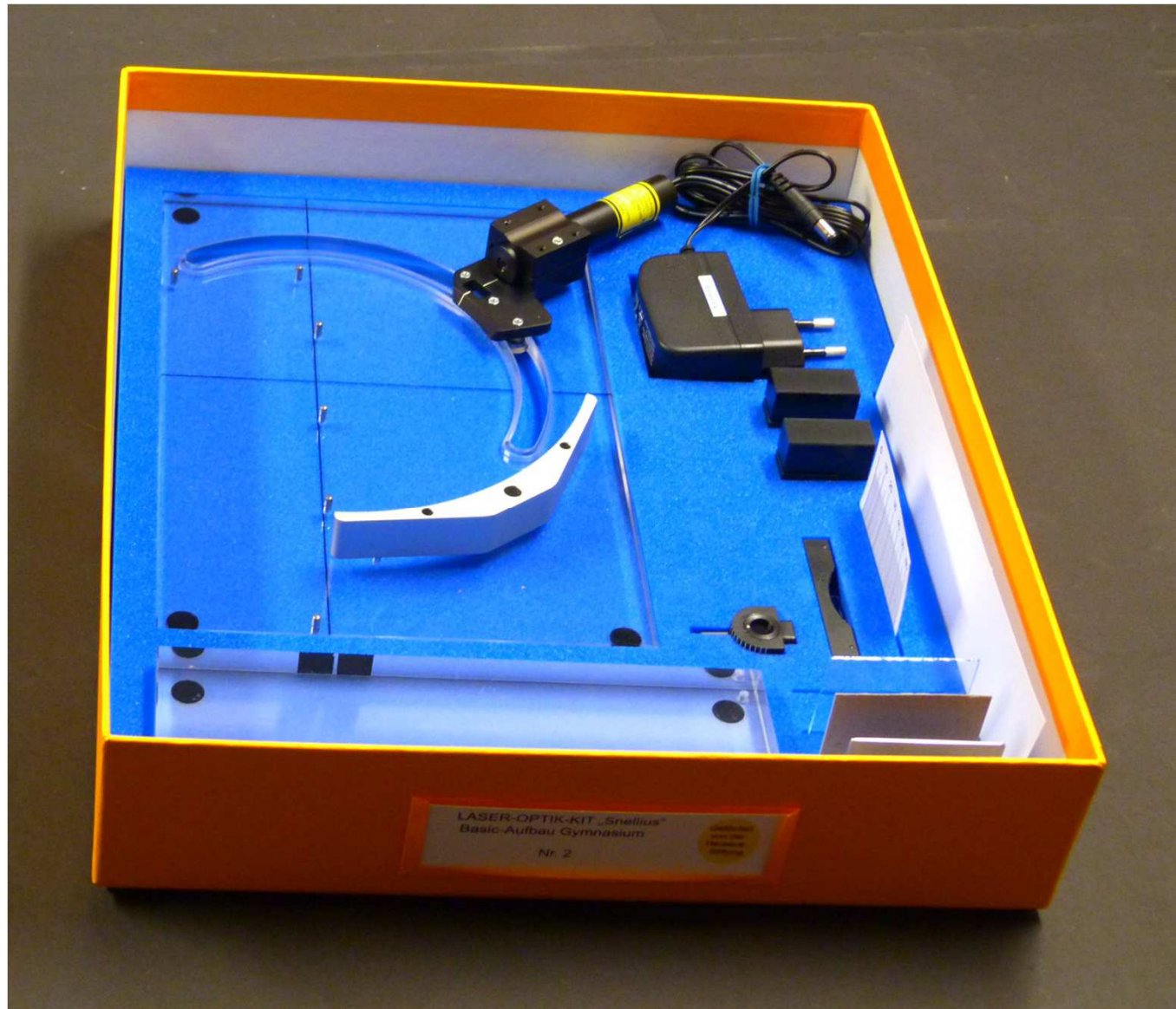
Pilotprojekt der Lehrmittelkommission
„Neue optische Experimente für die Physikausbildung im
Zeitalter der Photonic“

LASER-Optik-KIT Snellius-2017 Basic
steht als Klassensatz zur Evaluierung im
Praktikum - Physikunterricht
zur Verfügung:

Versuche:

1. Licht trifft auf verschiedene Materialien
2. Strahlengänge an der planparallelen Platte und im Prisma
3. Licht ist eine elektromagnetische Welle -
der Brewsterwinkel - das Tor zur Wellenoptik

LASER-OPTIK-KIT Snellius-Basic



Georg Christoph Lichtenberg

1742 - 1799



„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

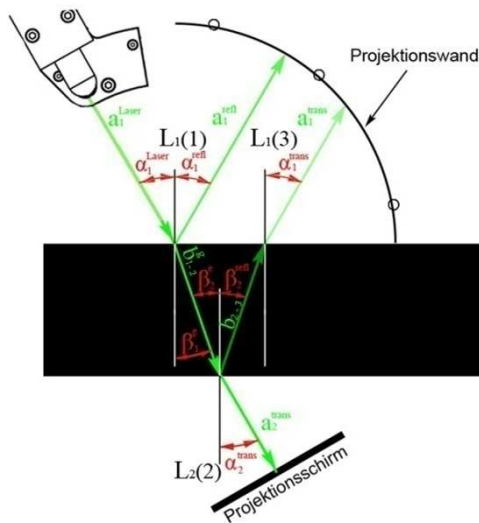
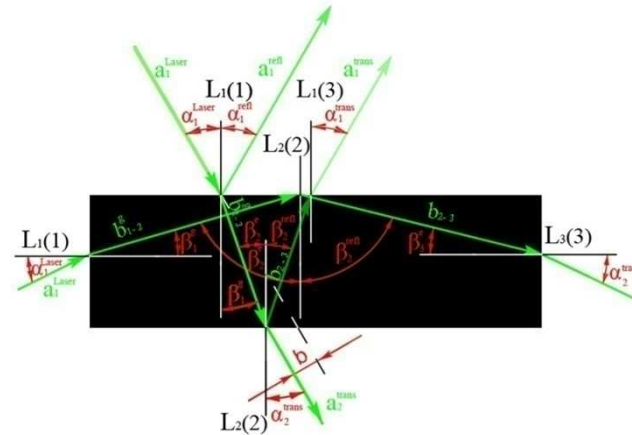
Georg Christoph Lichtenberg

1742 - 1799

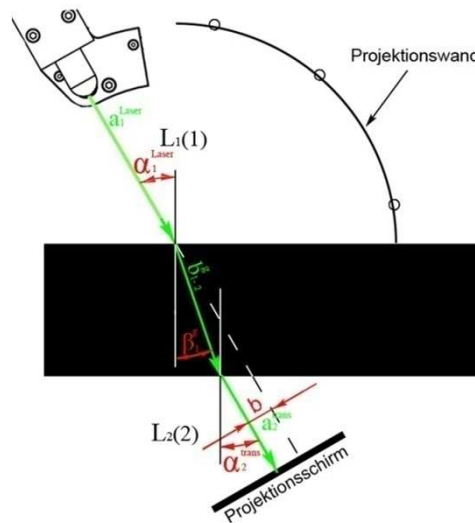


- seit 1770 Professor für Physik, Mathematik und Astronomie an der Universität in Göttingen
- 1793 wurde er zum Mitglied der Royal Society berufen

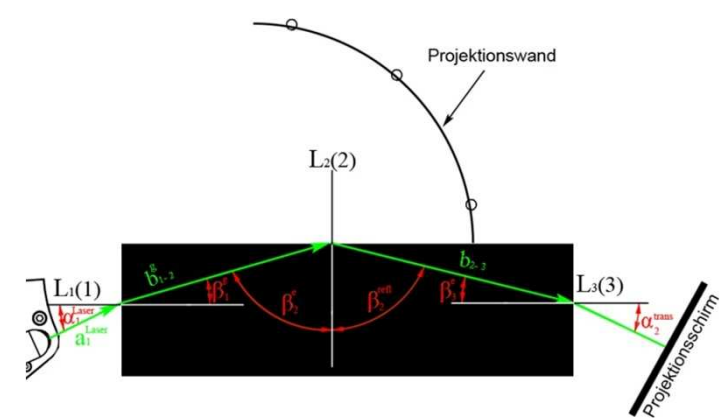
Lernerperspektive – didaktische Reduktion



Reflexion
Brechung



Parallelverschiebung



Totalreflexion

Versuchs- und Protokollvorlagen

Versuchstitel

Medium 1
Luft

Medium 2
Plexiglas

Winkelskala
10° 20° 30° 40°

α	α'	1. Messung β	2. Messung β	$\bar{\beta}$	$n_{\beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \bar{\beta}}$
10°					
20°					
30°					
40°					
50°					
60°					
70°					
80°					

Medium 1
Luft

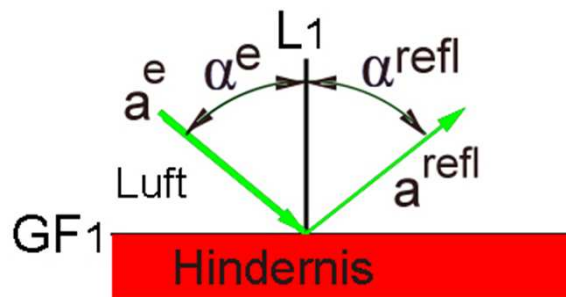
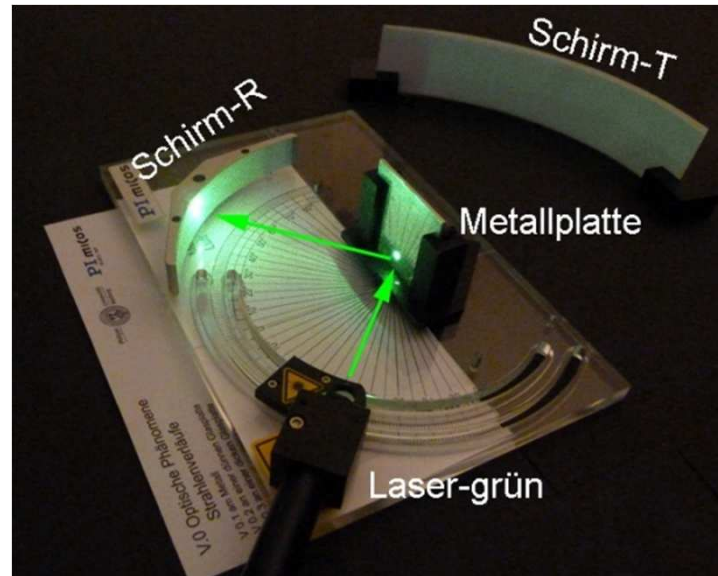
Die verschiedenen Vorlagen für unterschiedliche Messaufgaben erfüllen eine 3-fache Funktion

- Vorlage für Versuch
Didaktische Reduktion
- Versuchsdurchführung
- Nachbereitungsphase

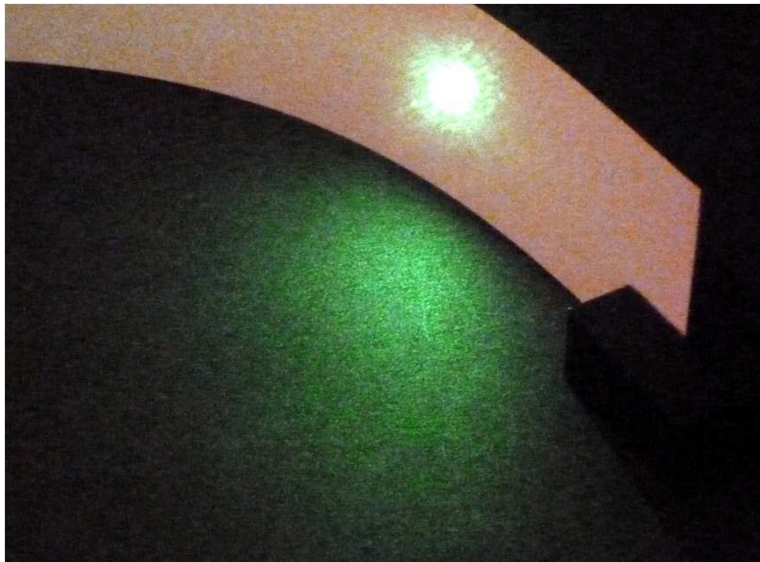
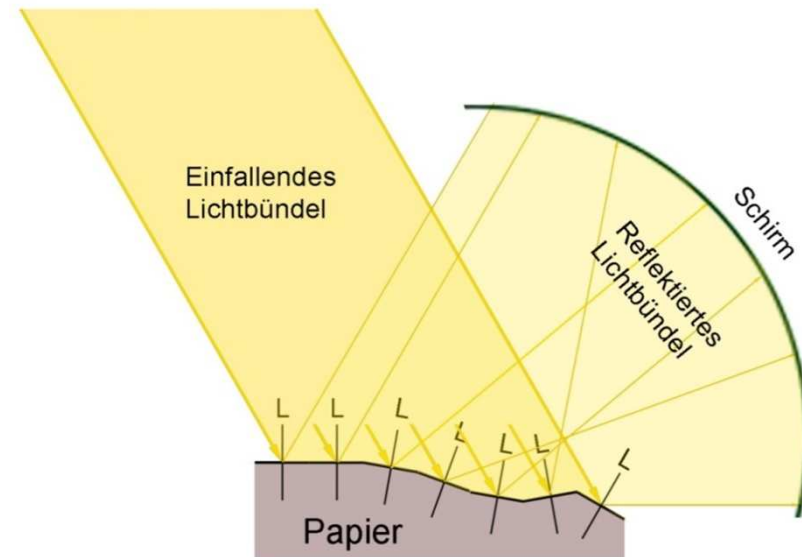
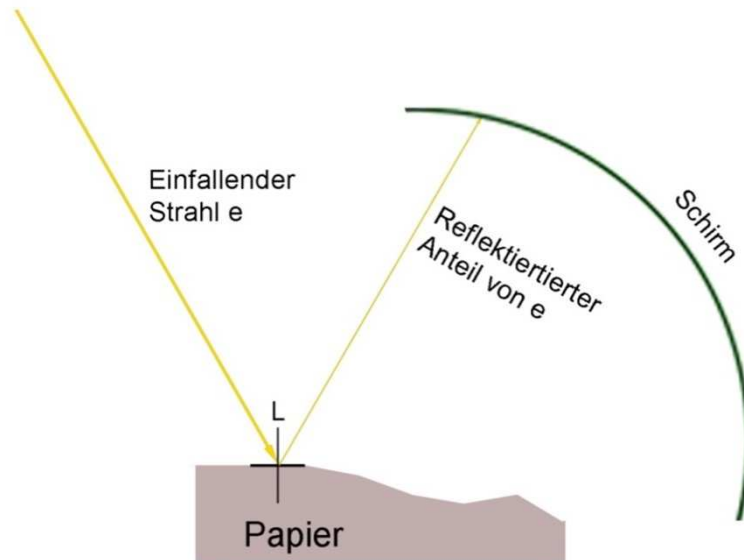
Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Licht trifft auf ein Hindernis

Metallplatte



Strahlen treffen auf unebene Flächen



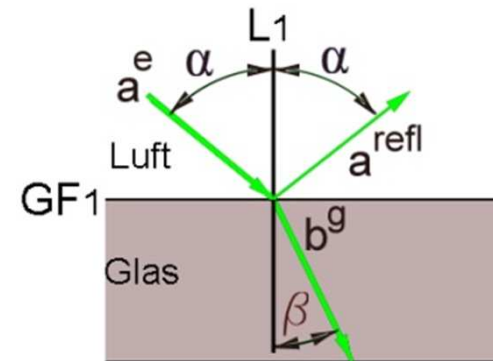
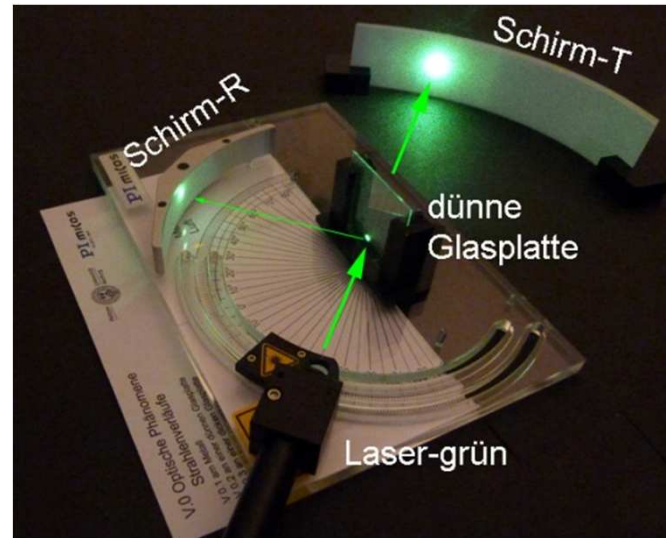
Diffuse Reflexion –
Ausleuchtung von Zimmern

Lambert - Strahler

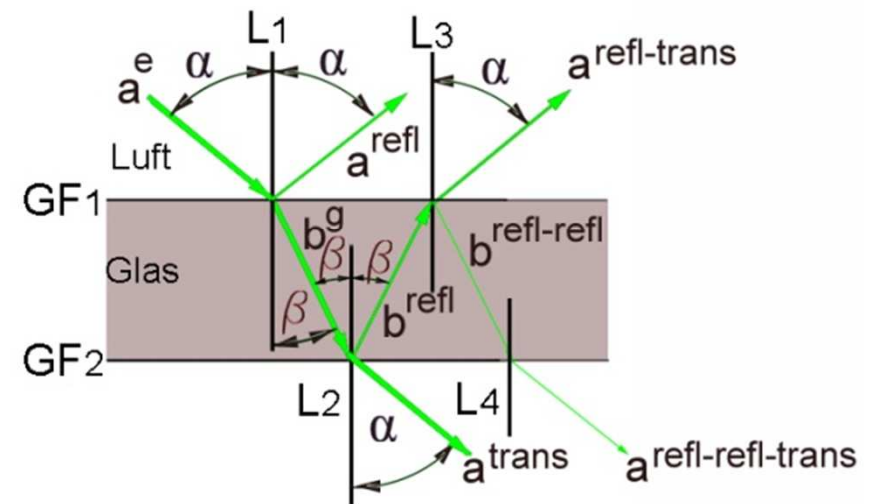
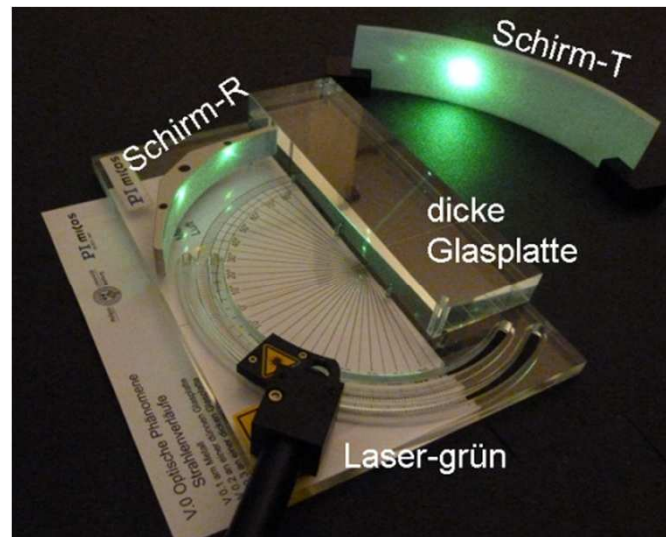
Basics- Fachliche Klärung des Lerninhaltes

Licht trifft auf ein Hindernis

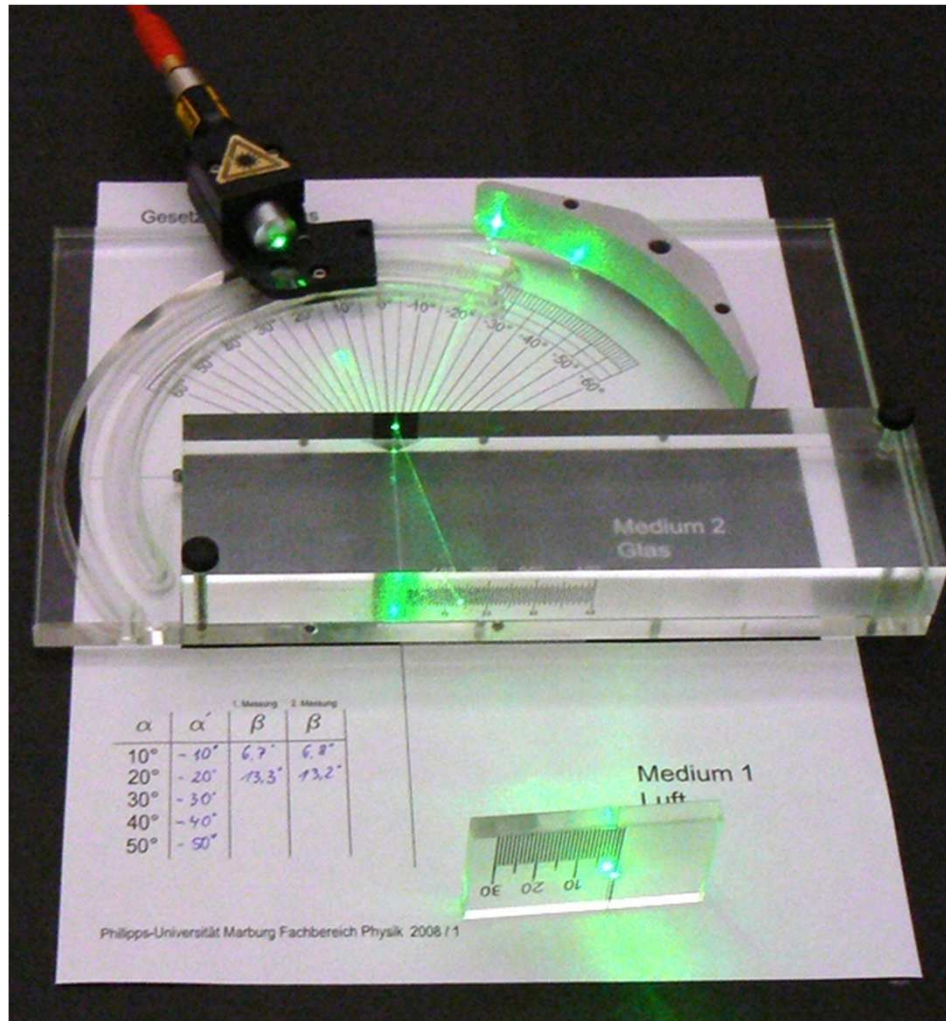
dünne
Glasplatte



dicke
Glasplatte

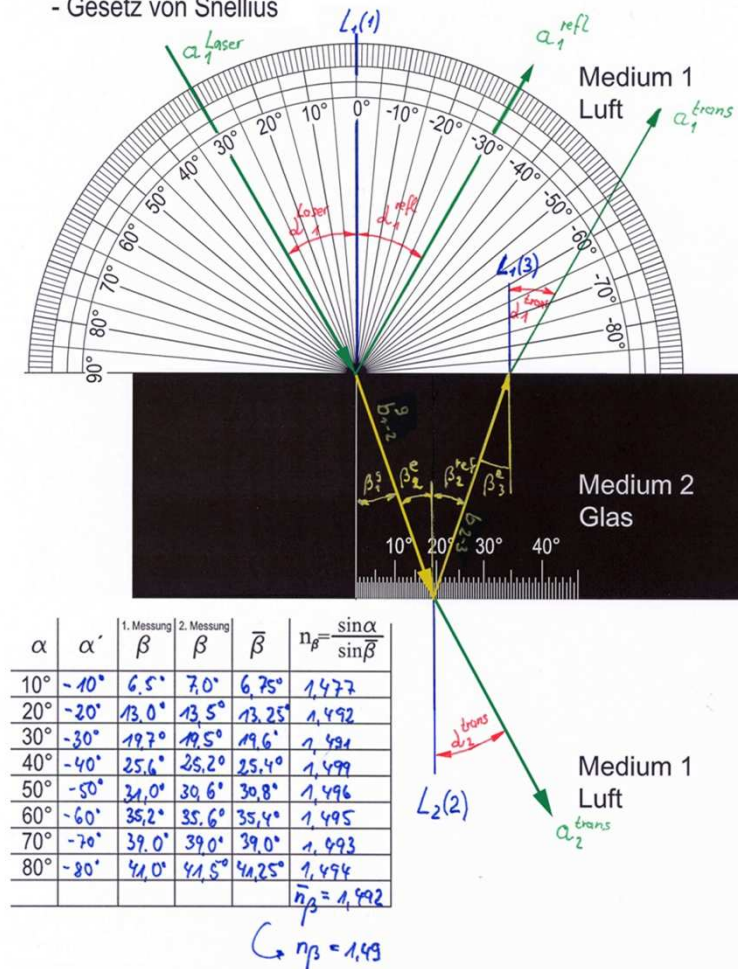


V. 2.1 Strahlengänge an der planparallelen Platte



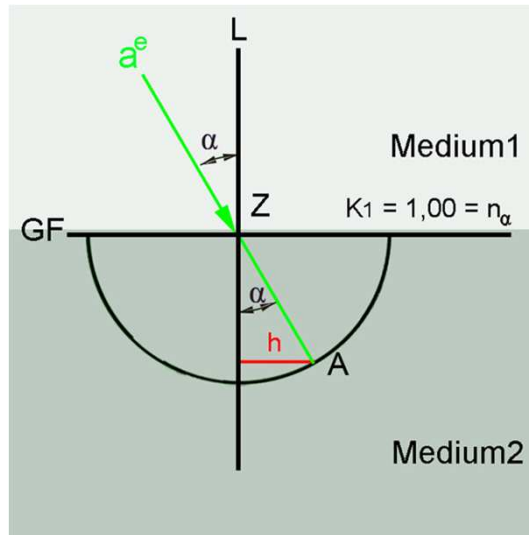
1.1 Strahlengänge Luft - Plexiglas

- Reflexionsgesetz
- Gesetz von Snellius

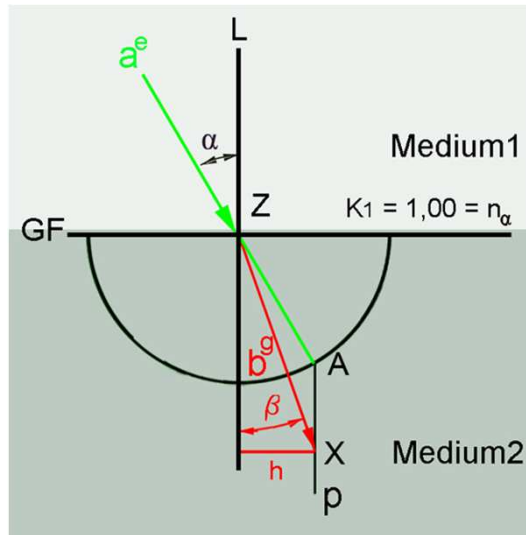


- Reflexions- und Brechungsgesetz an zwei Grenzflächen quantitativ
- Parallelverschiebung des transmittierten Strahls

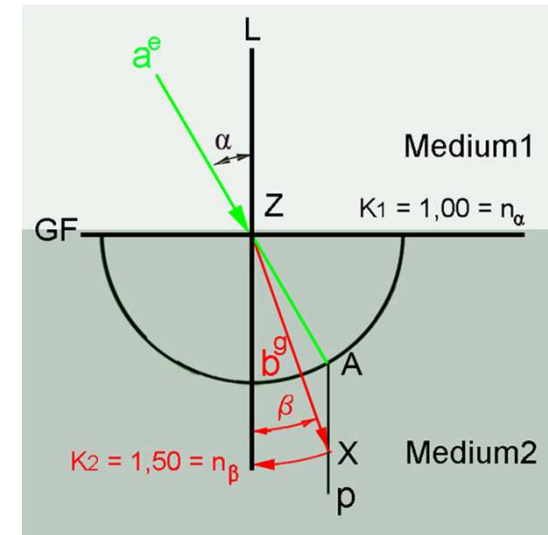
Brechzahlbestimmung mit Lineal und Zirkel



$$h = K_1 \sin \alpha$$



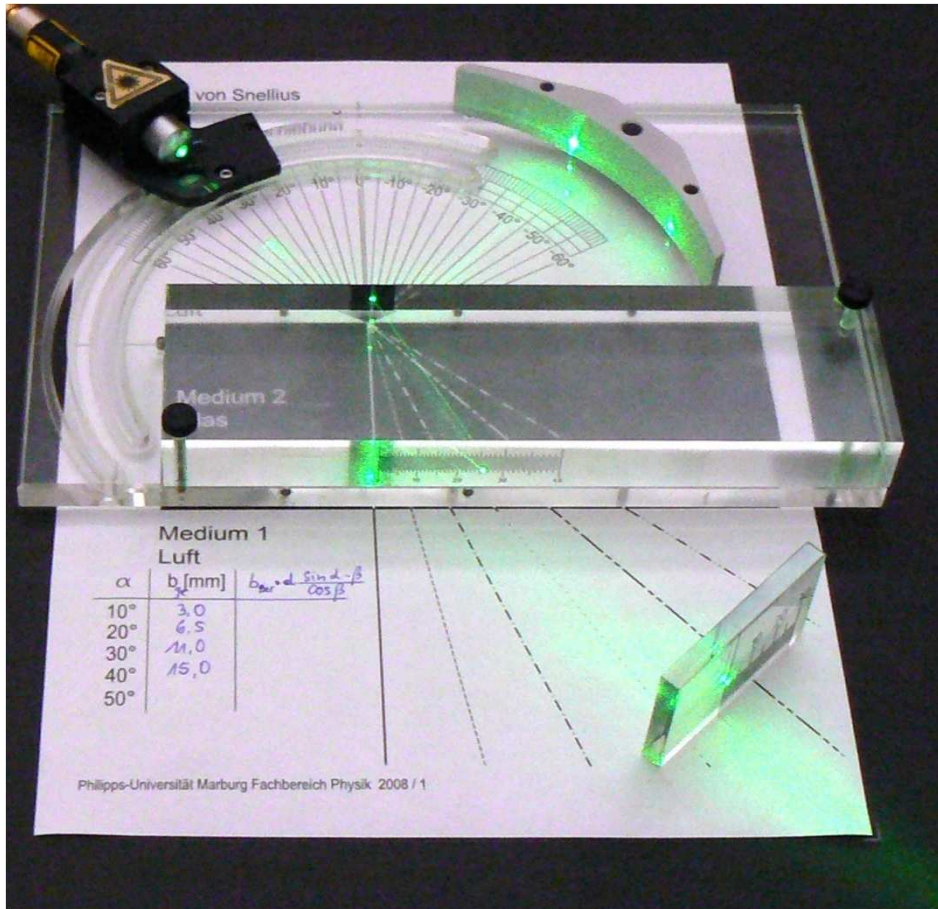
$$h = K_2 \sin \beta$$



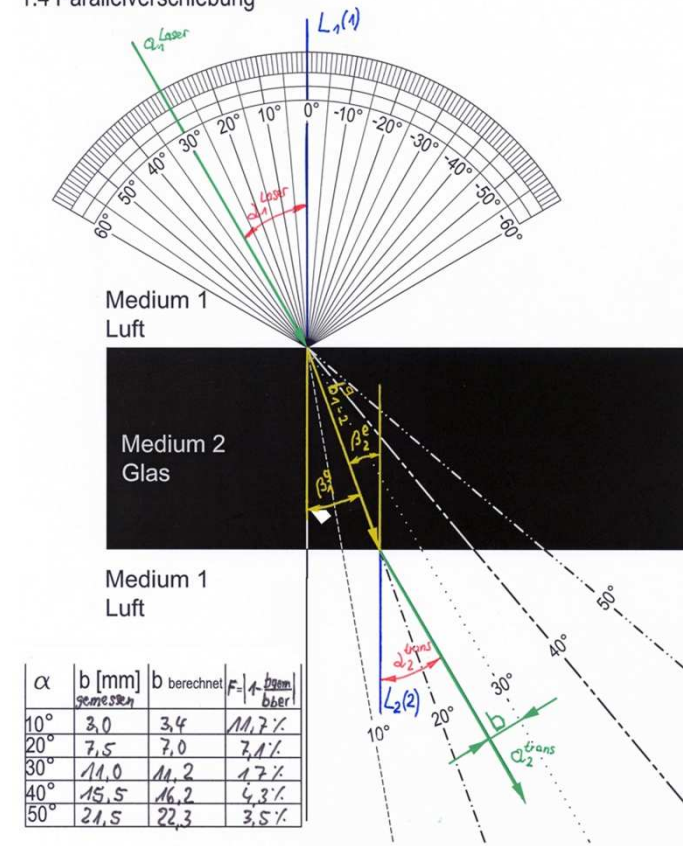
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{K_2}{K_1}$$

Brechungsgesetz von Snellius

V.2.2 Parallelverschiebung



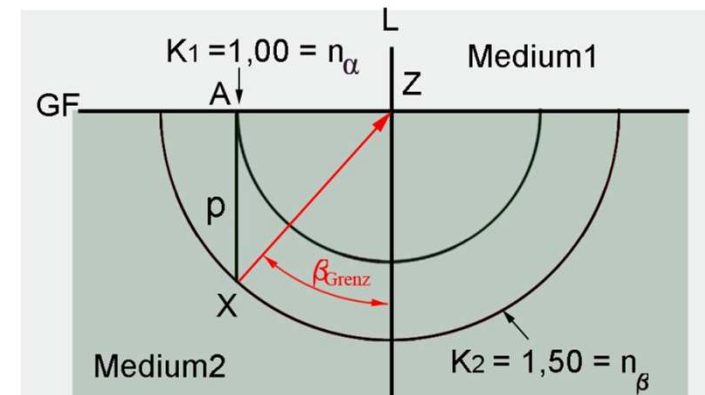
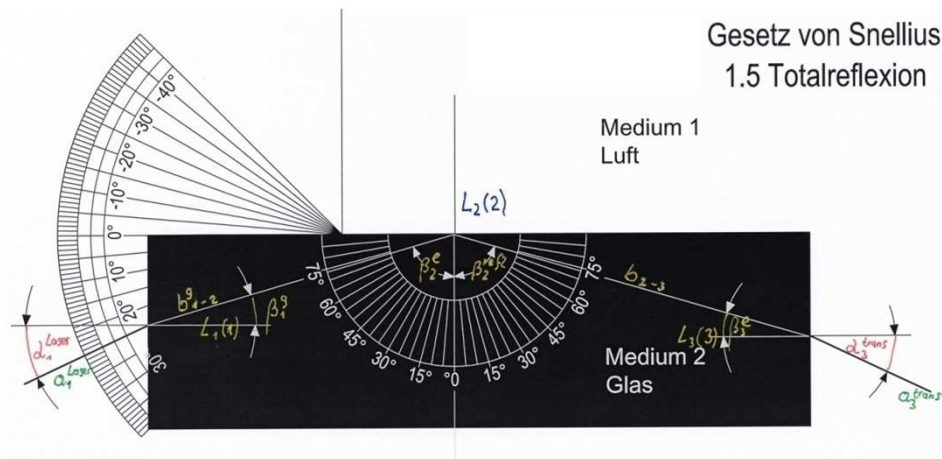
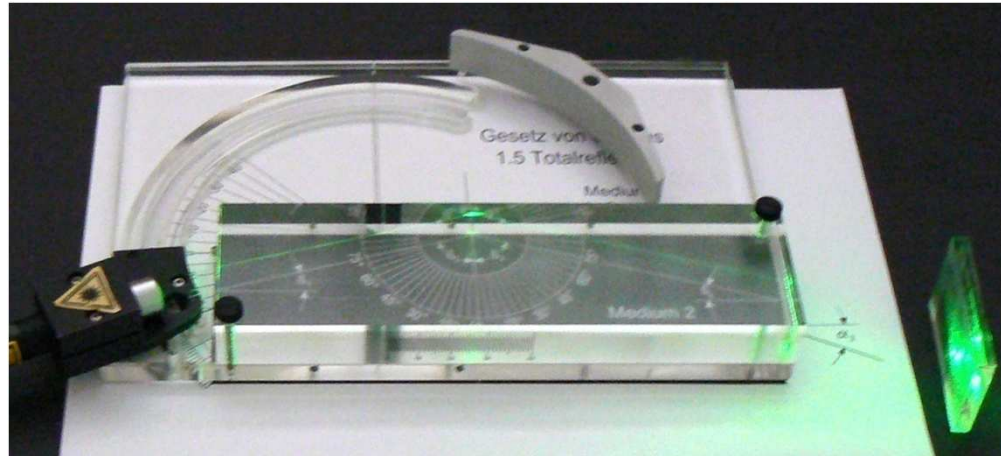
Gesetz von Snellius
1.4 Parallelverschiebung



Vergleich mit und ohne planparalleler Platte

V.2.3

Totalreflexion



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

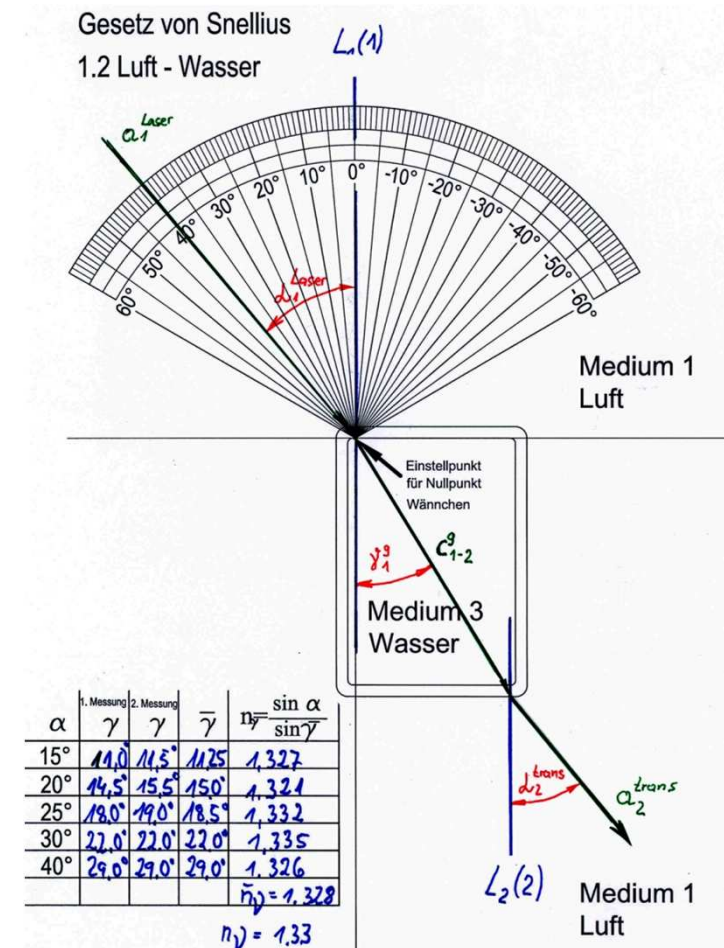
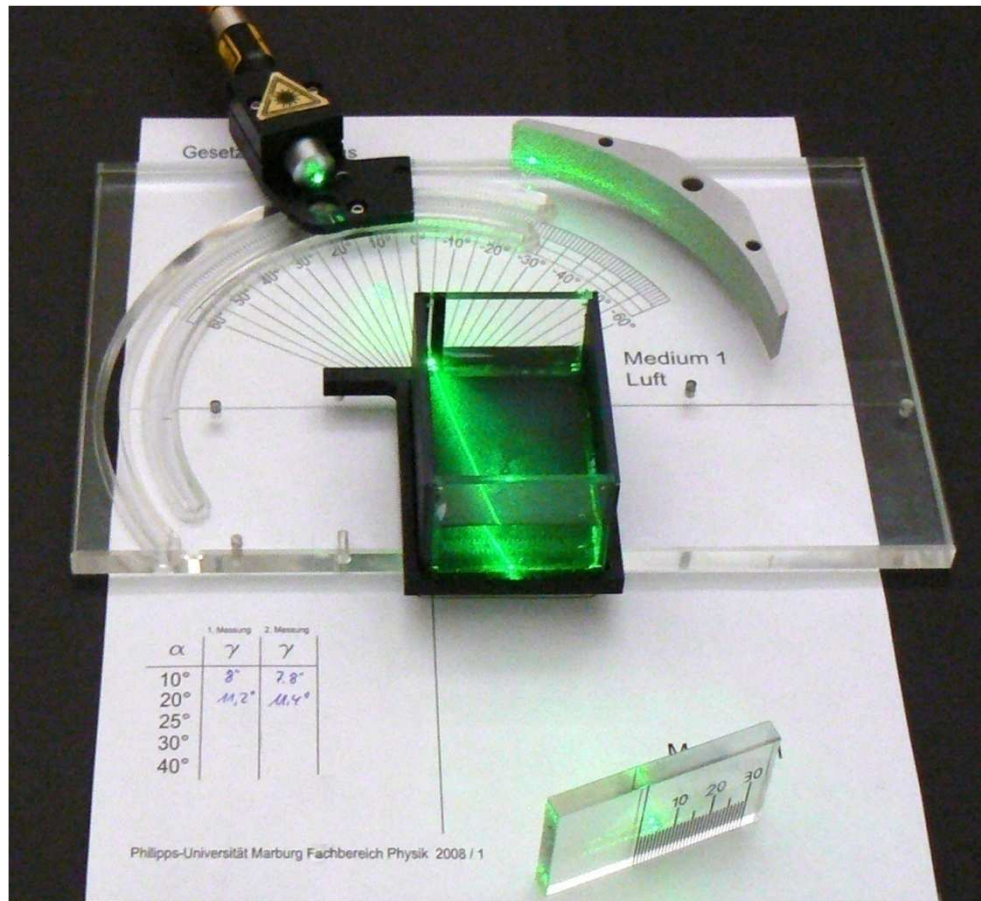


Bei der Totalreflexion
wird die gesamte
Energie reflektiert

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

V. 2.4 Das Gesetz von Snellius: Luft -Wasser

Didaktisch wichtig: Wasser ist Medium 3



- Beim Eingießen wird Strahlversatz und Brechung beobachtet
- Brechzahl für Wasser
Brechzahlen von anderen Flüssigkeiten ermitteln

Reflexion von polarisiertem Licht

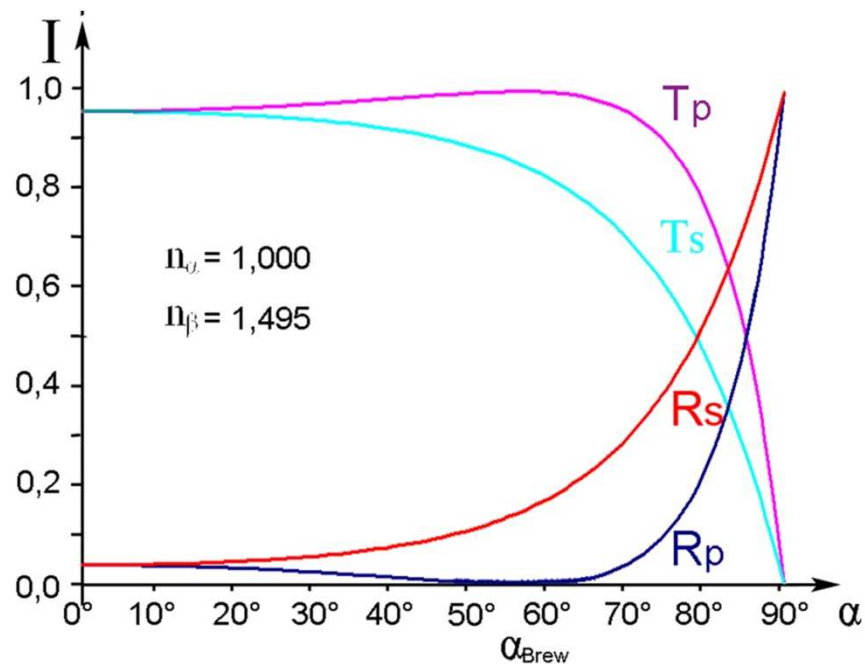
Fresnelschen Formeln

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

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

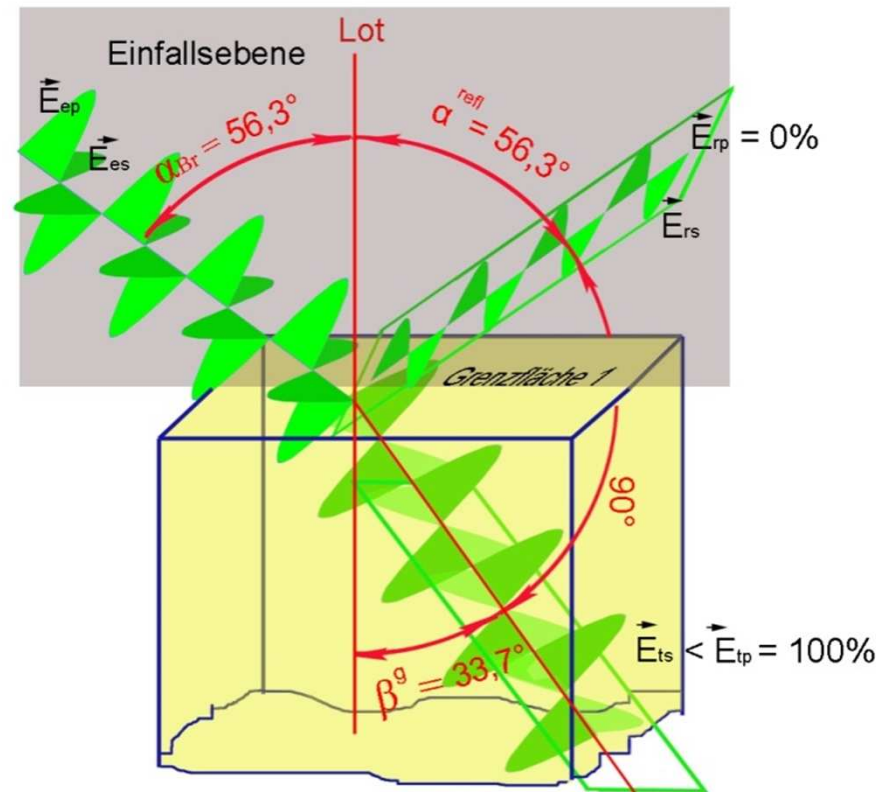
$$R_p = r_p^2 = \frac{\tan^2(\alpha - \beta)}{\tan^2(\alpha + \beta)}$$

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



Brewsterwinkel das Tor zur Wellenoptik – Spezialfall der Fresnelschen Formeln

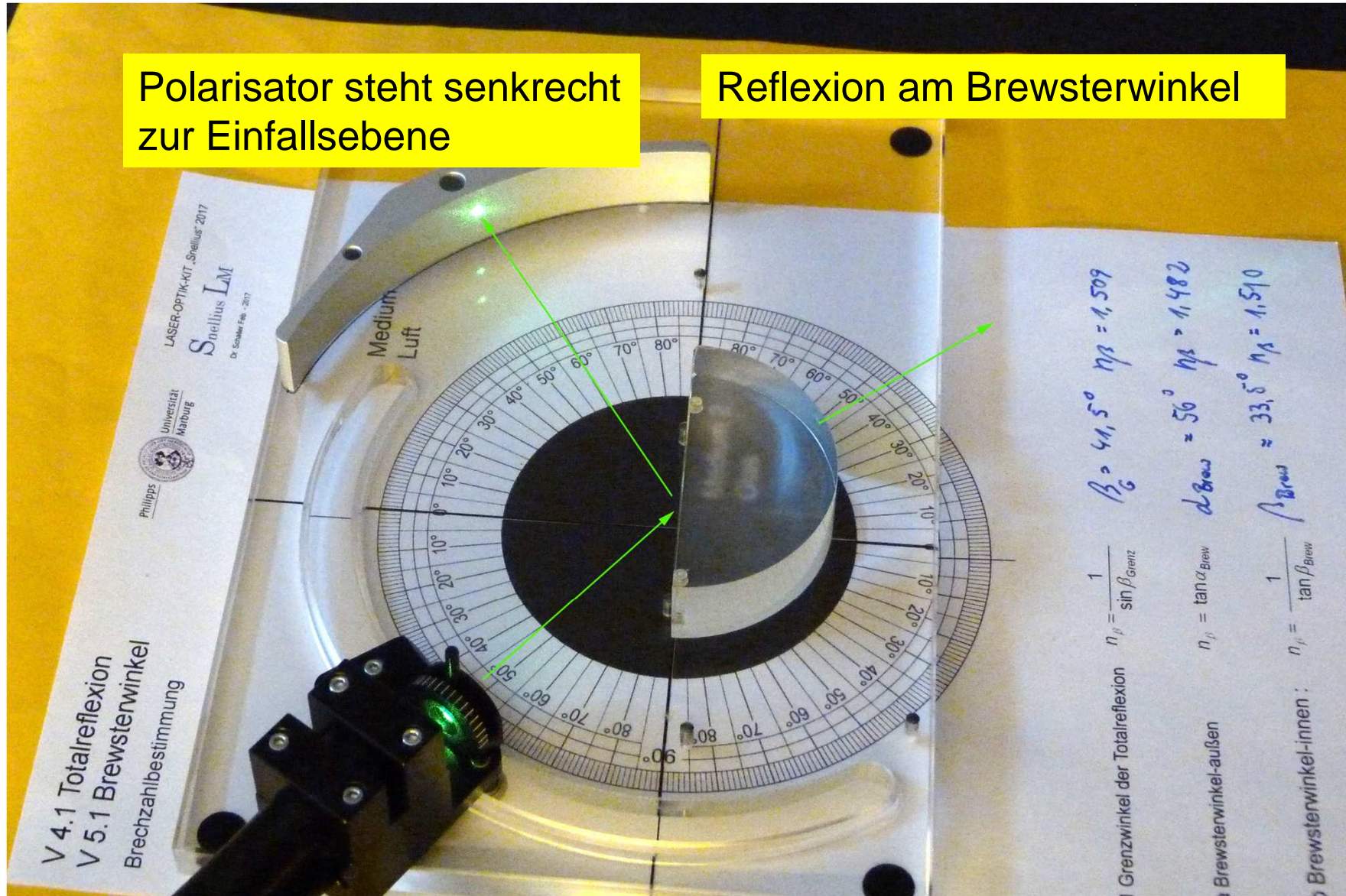
$$R_p = r_p^2 = \frac{\tan^2(\alpha - \beta)}{\tan^2(\alpha + \beta)}$$



Reflexion von s-polarisiertem Licht - Brewsterwinkel außen

Polarisator steht senkrecht zur Einfallsebene

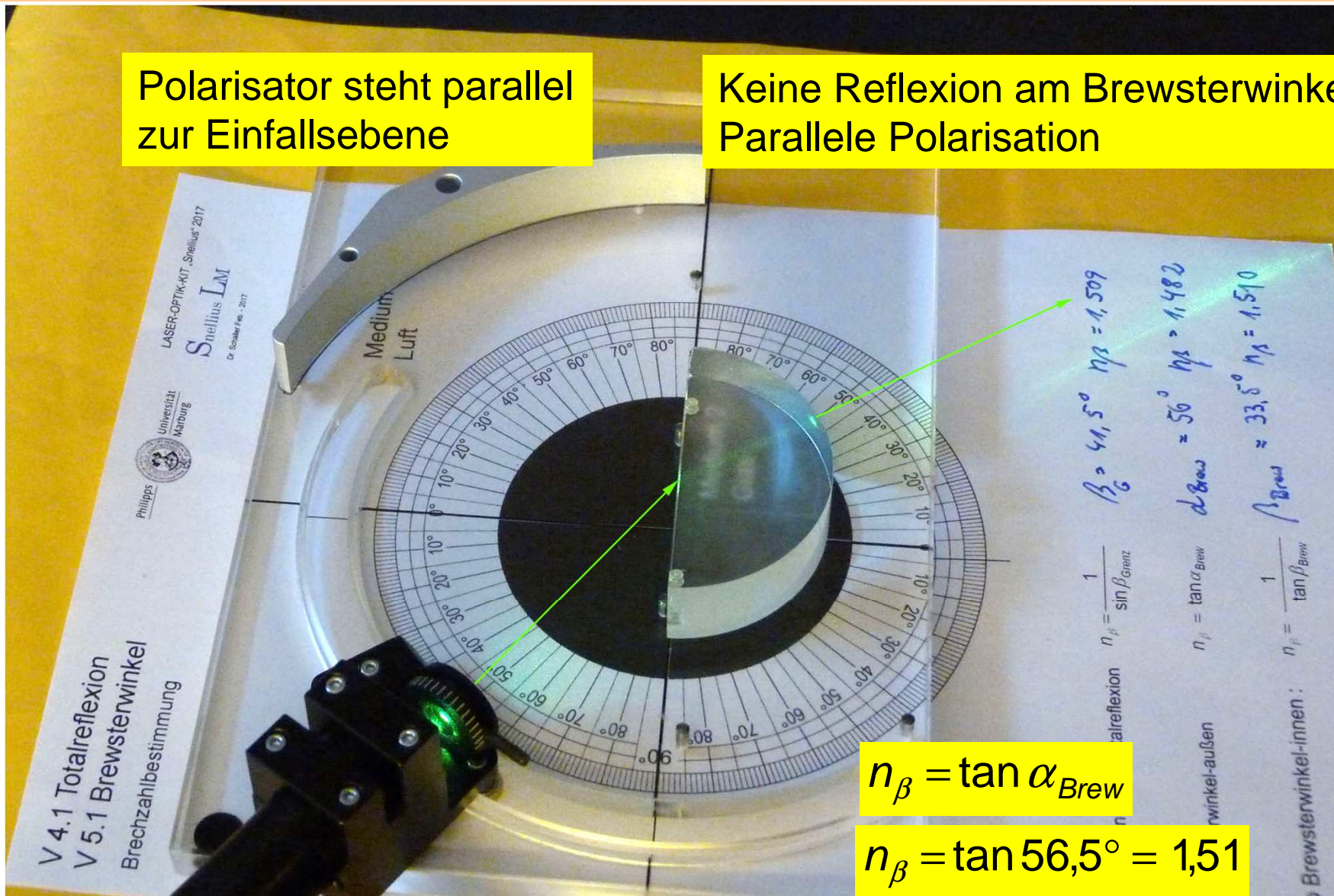
Reflexion am Brewsterwinkel



Reflexion von p-polarisiertem Licht – Brewsterwinkel außen

Polarisator steht parallel zur Einfallsebene

Keine Reflexion am Brewsterwinkel -
Parallele Polarisation

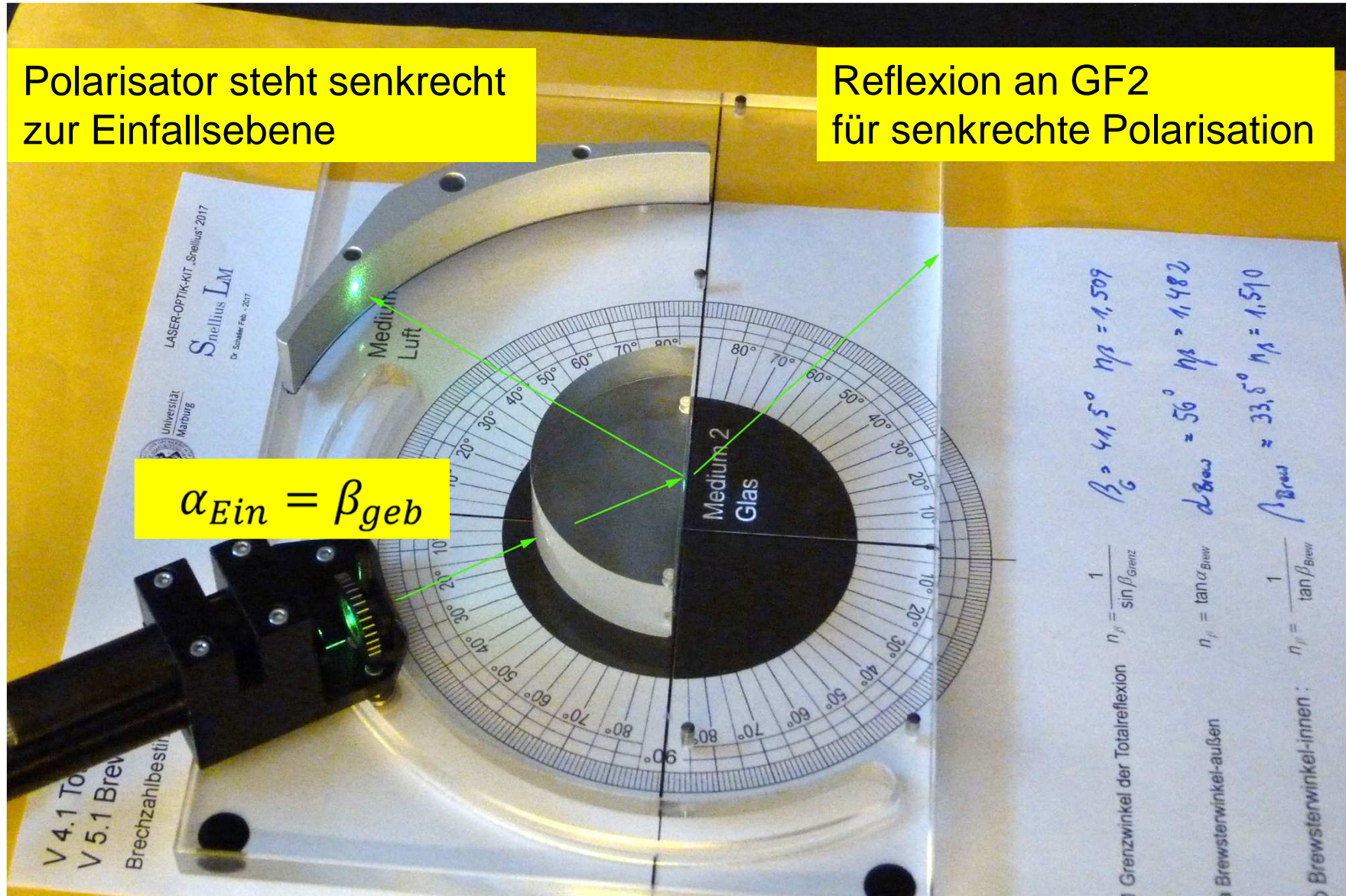


Brewsterwinkel - innen s-Polarisation

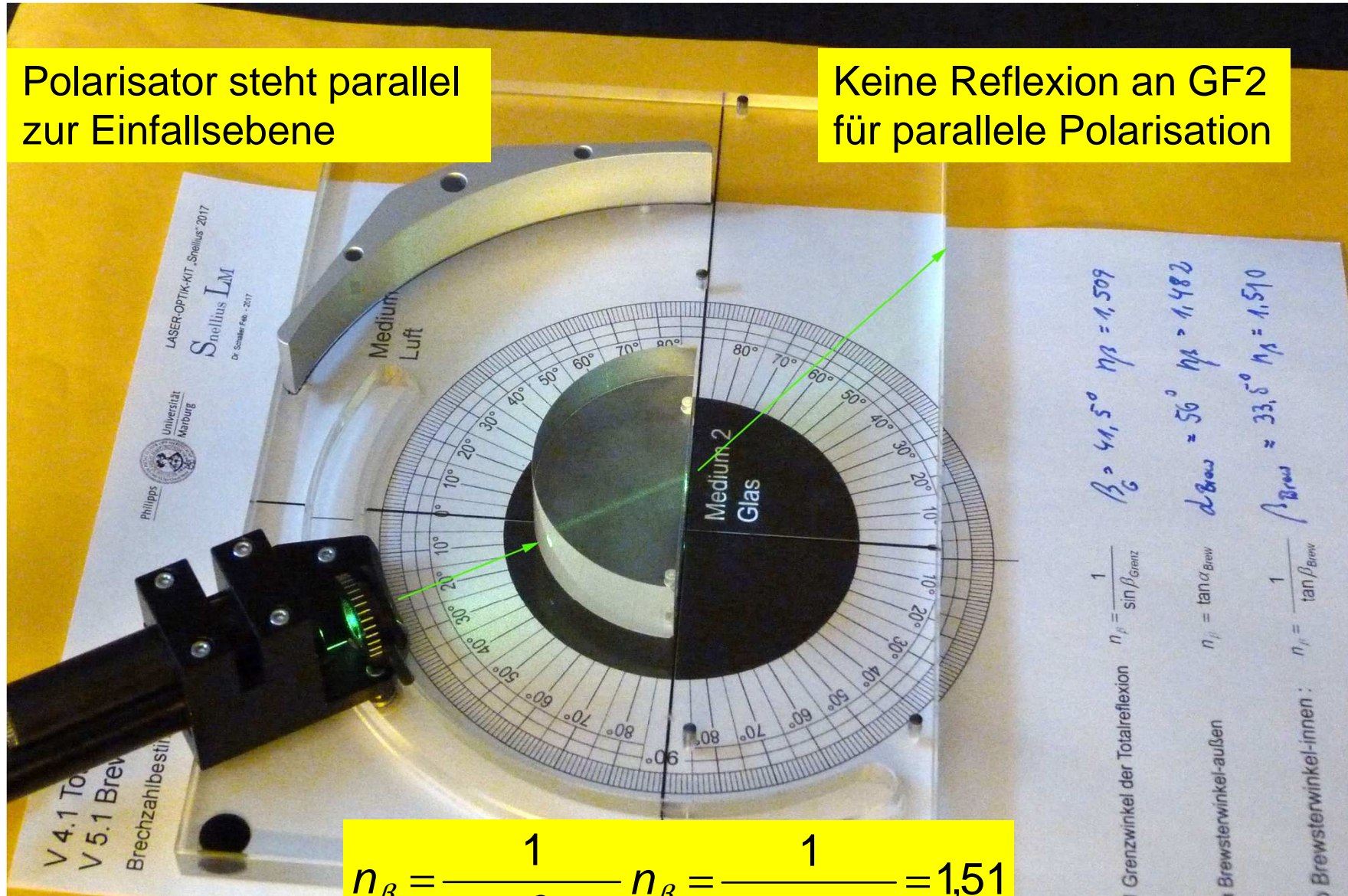
Polarisator steht senkrecht zur Einfallsebene

Reflexion an GF2 für senkrechte Polarisation

$$\alpha_{\text{Ein}} = \beta_{\text{Geb}}$$

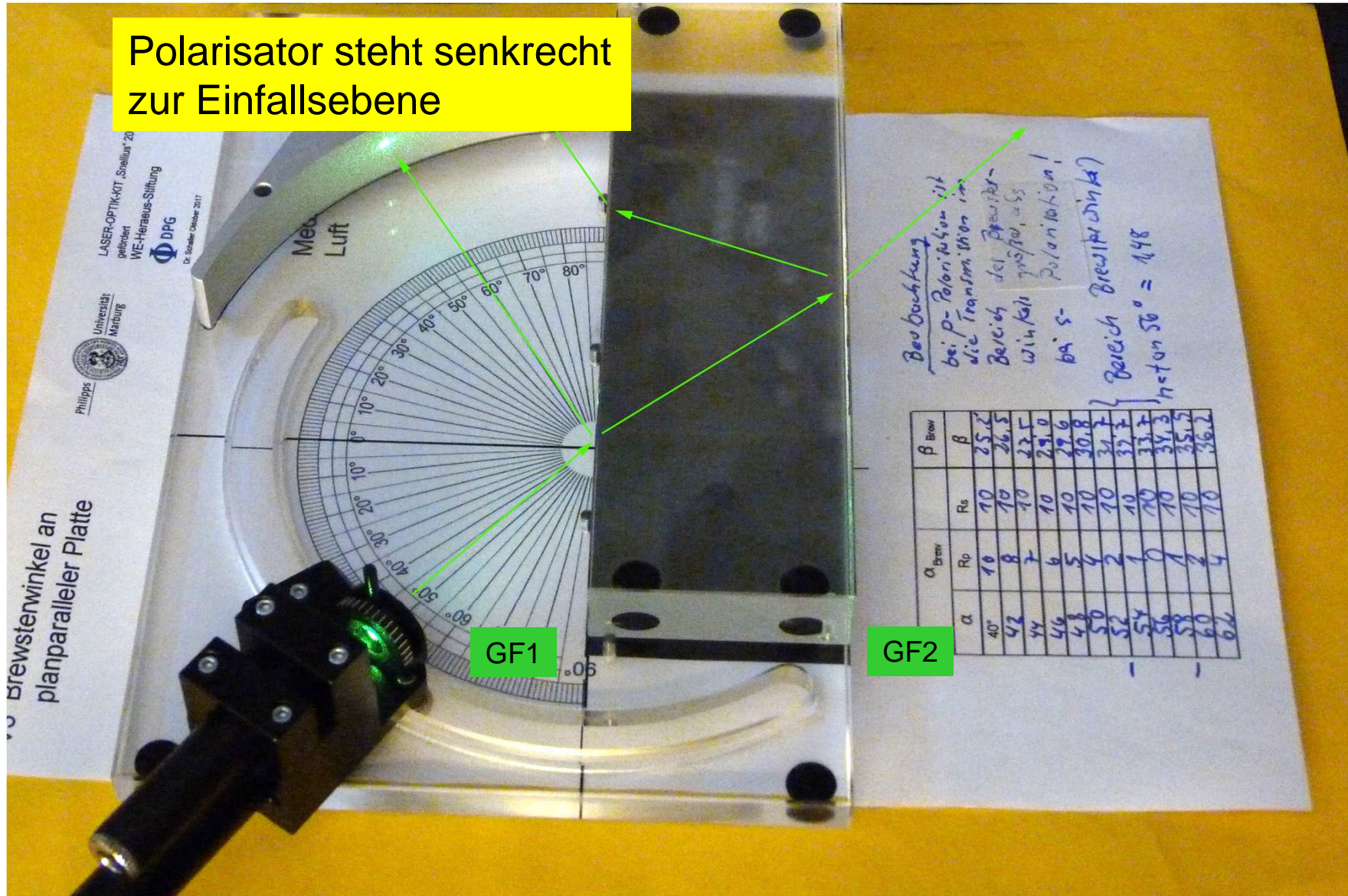


Brewsterwinkel – innen p-Polarisation



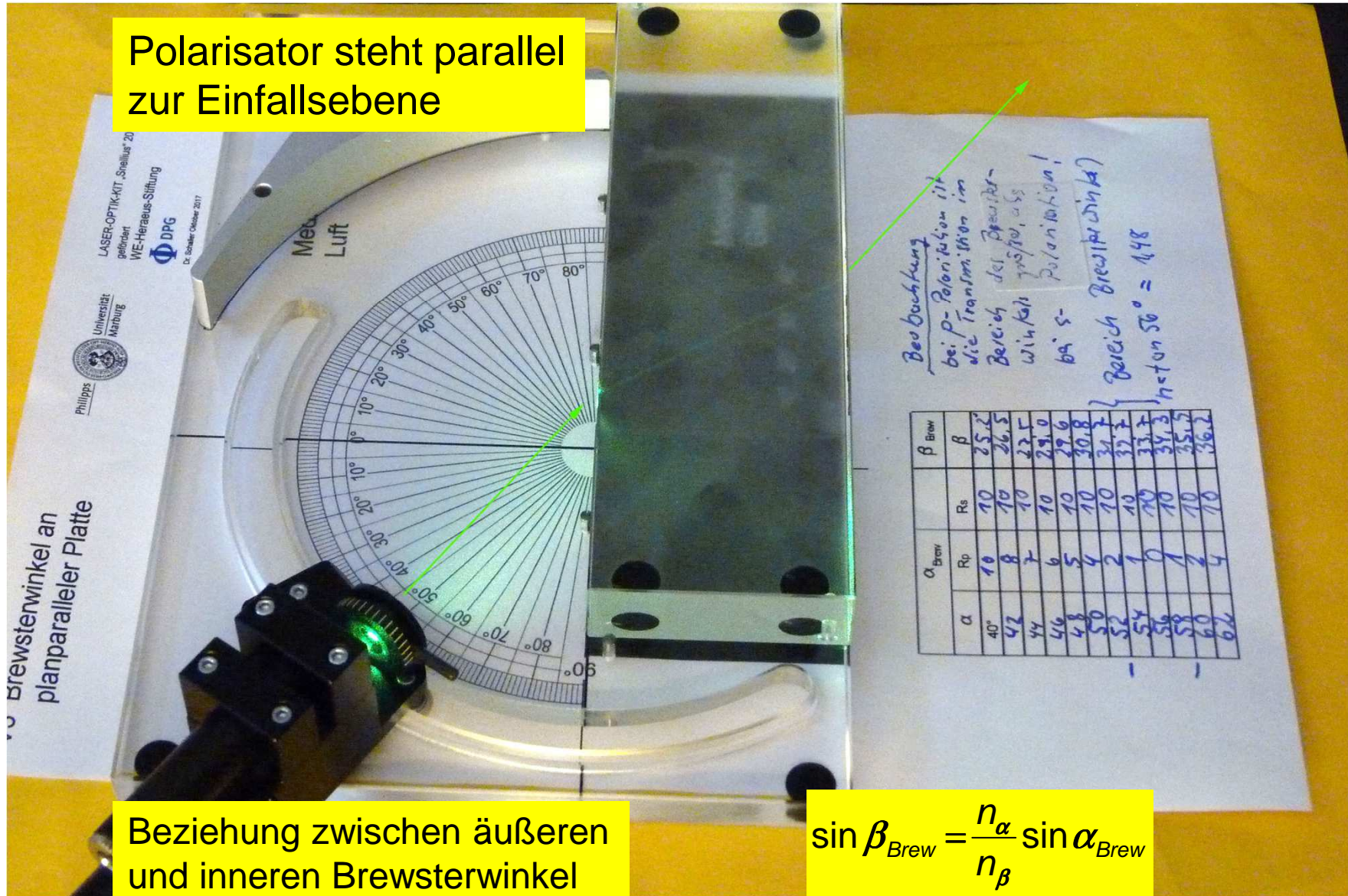
Brewsterwinkel - an der planparallelen Platte

Polarisator steht senkrecht zur Einfallsebene



Brewsterwinkel - an der planparallelen Platte

Polarisator steht parallel zur Einfallsebene



Beziehung zwischen äußeren und inneren Brewsterwinkel

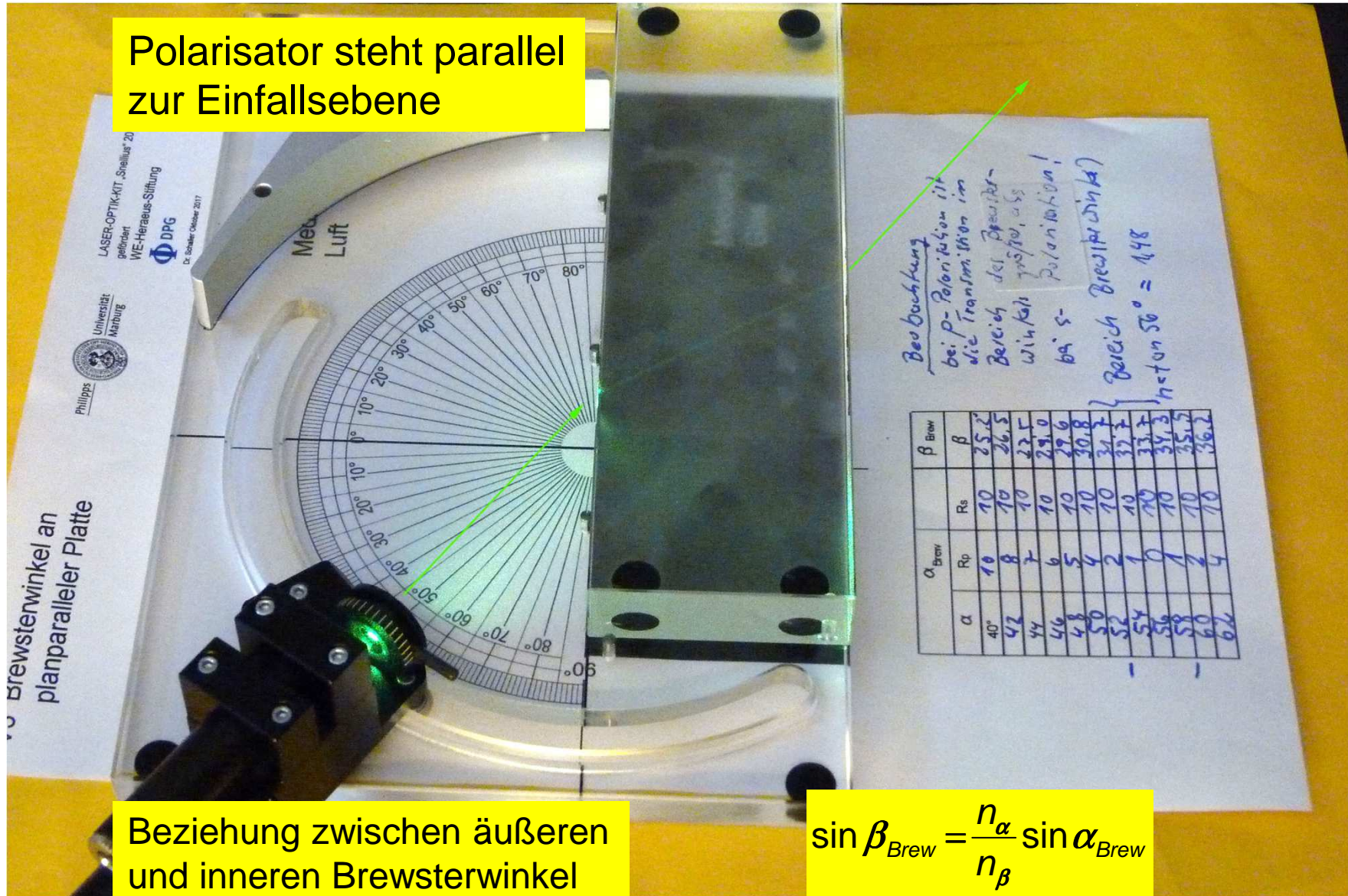
$$\sin \beta_{\text{Brew}} = \frac{n_{\alpha}}{n_{\beta}} \sin \alpha_{\text{Brew}}$$

α_{Brew}		β_{Brew}	
α	R_p	R_s	β
40°	10	10	25.2°
42	8	10	26.5
44	7	10	27.5
46	6	10	29.0
48	5	10	29.6
50	4	10	30.8
52	2	10	31.7
54	1	10	32.7
56	1	10	33.3
58	1	10	34.7
60	1	10	35.7
62	1	10	36.2

Beobachtung
 bei p-Polarisation ist
 die Transmission im
 Bereich des Brewster-
 winkels größer, als
 bei s-
 Polarisation!
 Bereich Brewsterwinkel
 zwischen $56^{\circ} = 148$

Brewsterwinkel - an der planparallelen Platte

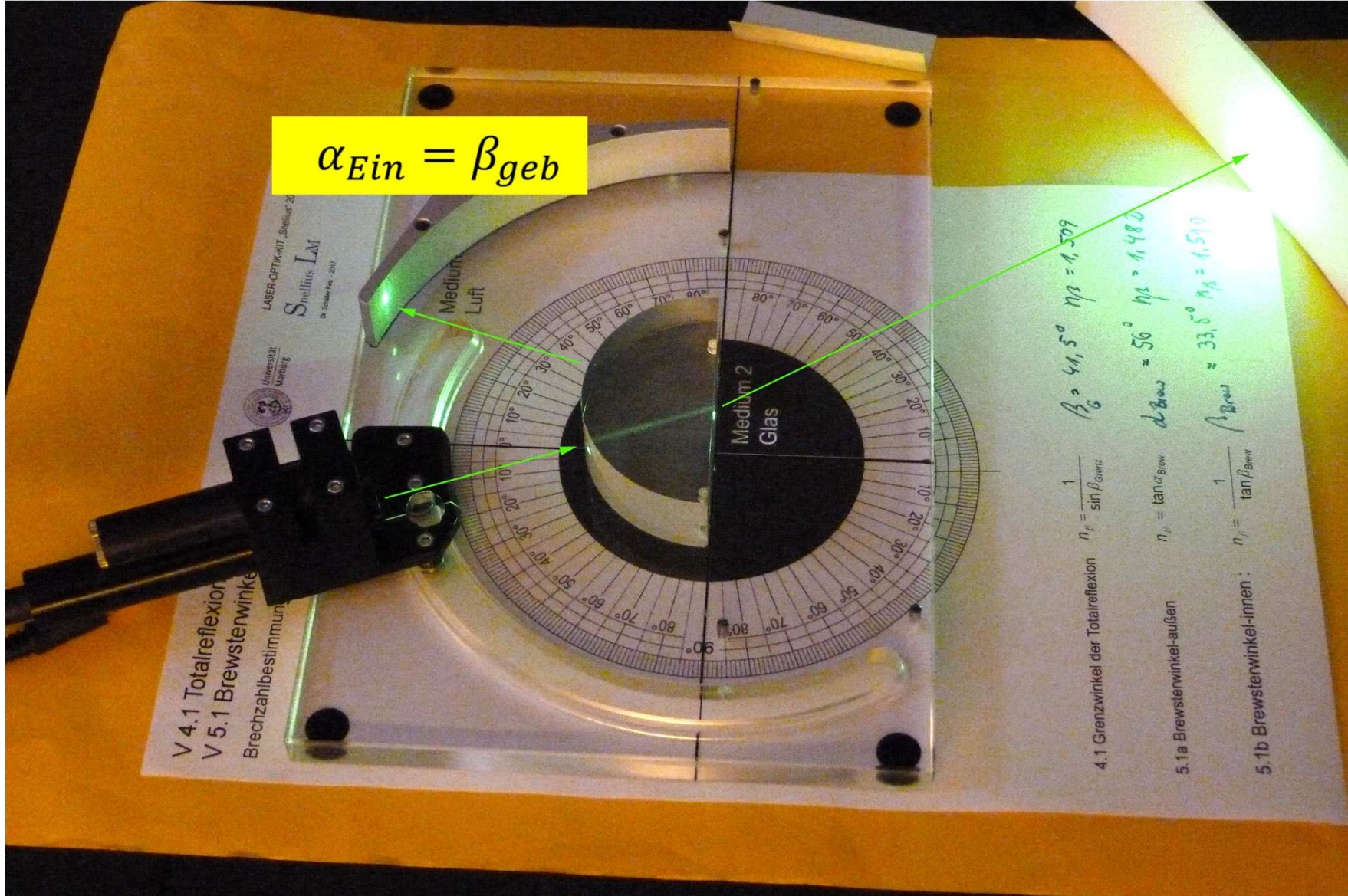
Polarisator steht parallel zur Einfallsebene



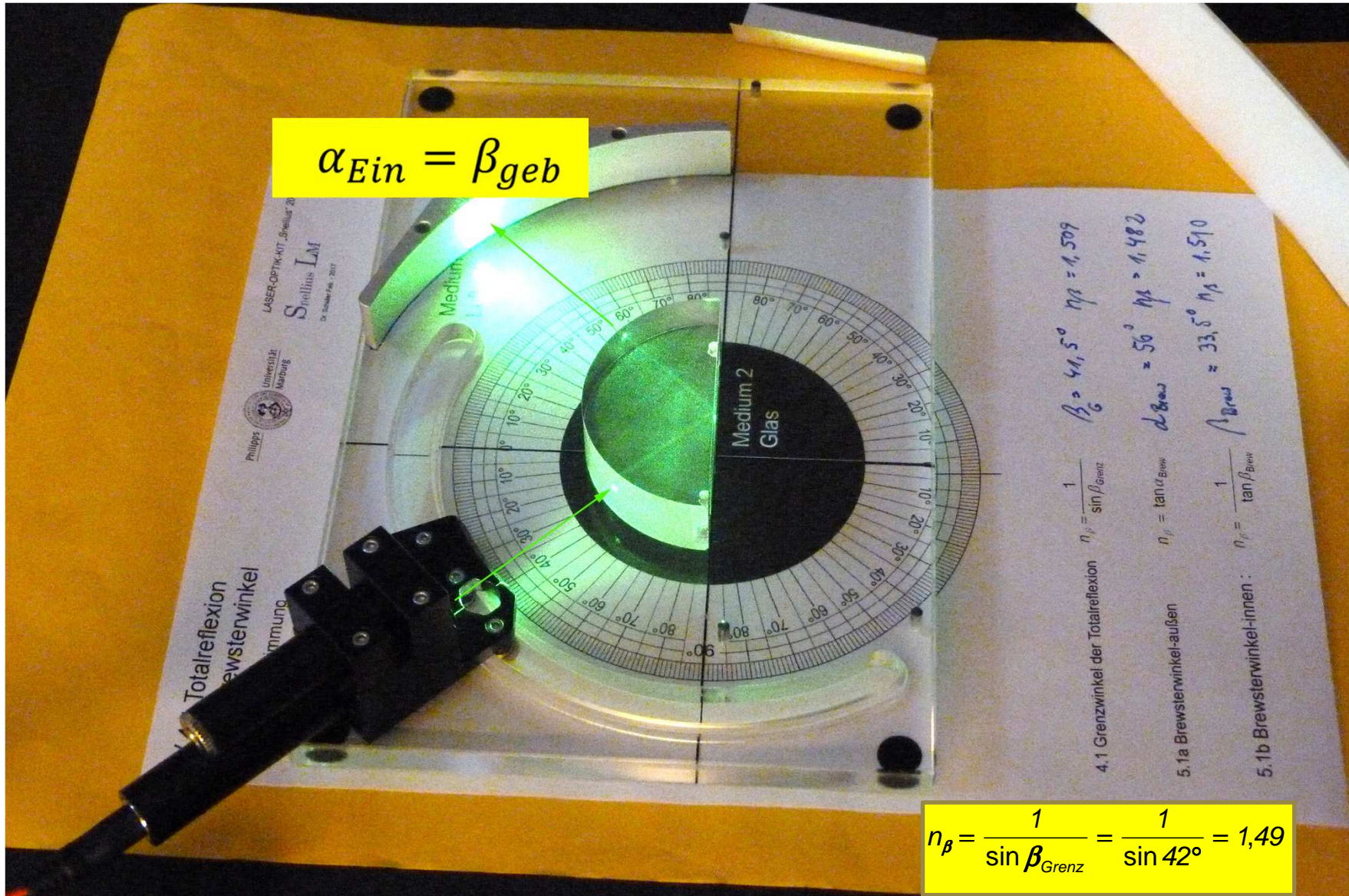
Beziehung zwischen äußeren und inneren Brewsterwinkel

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

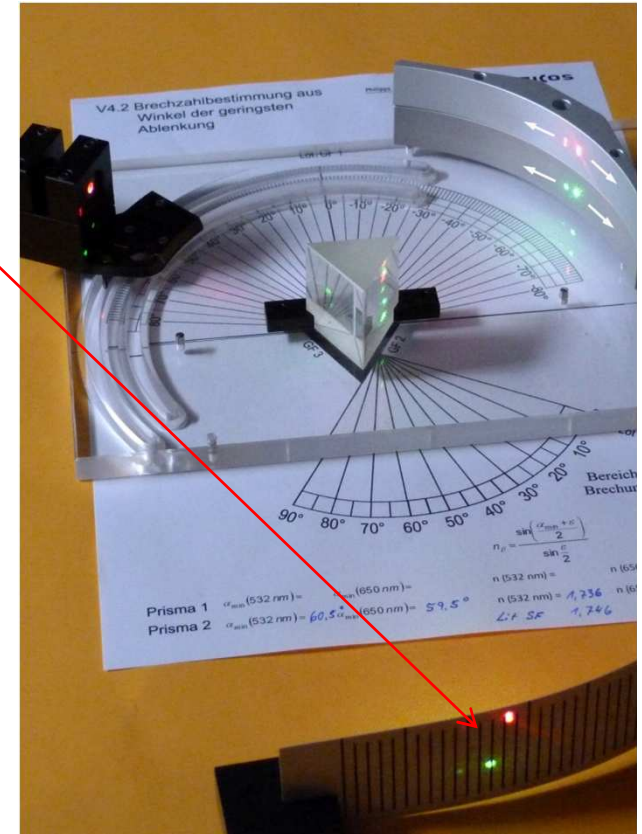
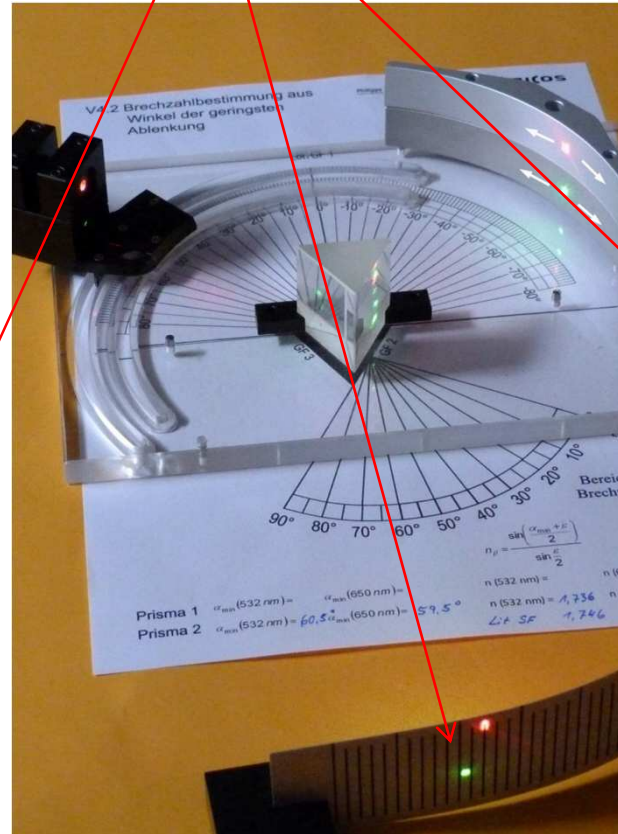
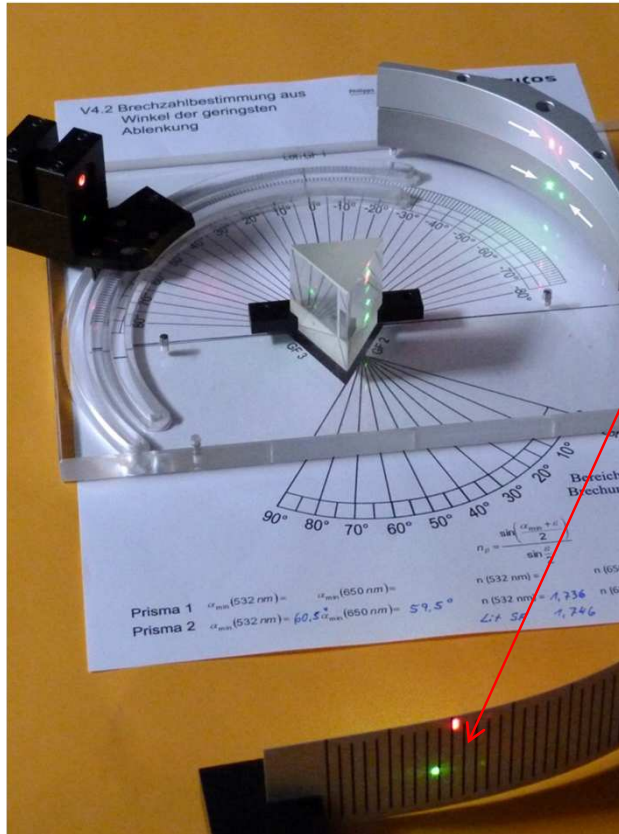
Brechzahlbestimmung Grenzwinkel der Totalreflexion



Brechzahlbestimmung Grenzwinkel der Totalreflexion



Brechzahl ist wellenlängenabhängig



Bestimmung:
Winkel der geringsten Ablenkung

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

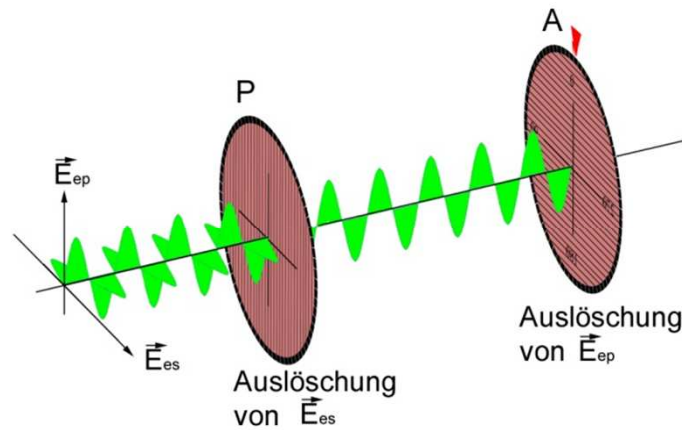
Brechung - Winkel der Ablenkung

n_α 1,00 n_β 1,490

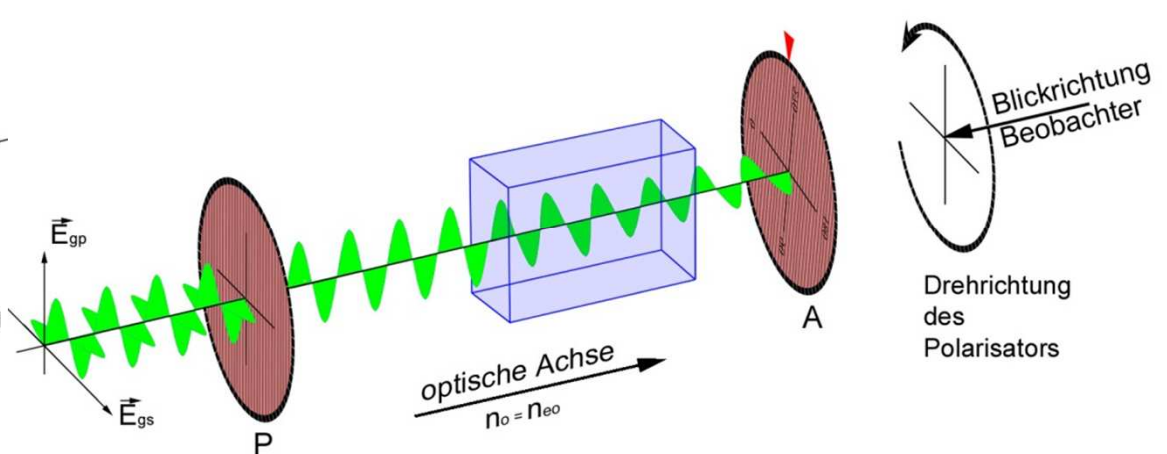
Grenzfläche 1				Grenzfläche 2 Gamma_1					Grenzfläche 3 Gamma_2					Grenzfläche 1 Gamma_3				$\Delta(\alpha \text{ ref-} \alpha \text{ trans})$
				60,0°					60,00°					60,00°				
$\alpha_1 = \alpha_{1\text{ref}}$	$\sin \alpha_1$	$\sin \beta_1$	β_1	β_{2_1e}	$\sin \alpha_2$	α_2	δ	β_{2_2r}	β_{3_1e}	$\sin(\beta_3)$	$\sin(\alpha_3)$	α_3	β_{3_2r}	β_{1_e}	$\sin(\beta_4)$	$\sin \alpha$	$\alpha_{\text{trans_1}}$	
$I_r = 4\%$						intensiver Strahl tritt im Winkel Alfa_trans aus Gr 2		Strahl entsteht durch Aufspaltung an GR 2				Strahl tritt Alfa_trans aus GR 3	Strahl entsteht durch Aufspaltung an GR3 und geht zu GR 1				bewegt sich gegenläufig zu α_{ref}	
$I = 100\%$		$I = 96\%$				$I = 91,2\%$		$I = 3,8\%$	$I = 3,8\%$			$I = 3,6\%$	$I = 0,15\%$				$I = 0,14\%$	
30,00°	0,50	0,34	19,61°	40,39	0,97	74,9°	44,92°	40,4°	19,6°	0,336	0,500	30,0°	19,6°	40,4°	0,648	0,966	74,9°	-44,9
35,00°	0,57	0,38	22,64°	37,36	0,90	64,7°	39,71°	37,4°	22,6°	0,385	0,574	35,0°	22,6°	37,4°	0,607	0,904	64,7°	-29,7
40,00°	0,64	0,43	25,56°	34,44	0,84	57,4°	37,43°	34,4°	25,6°	0,431	0,643	40,0°	25,6°	34,4°	0,566	0,843	57,4°	-17,4
45,00°	0,71	0,47	28,33°	31,67	0,78	51,5°	36,47°	31,7°	28,3°	0,475	0,707	45,0°	28,3°	31,7°	0,525	0,782	51,5°	-6,5
46,00°	0,72	0,48	28,87°	31,13	0,77	50,4°	36,39°	31,1°	28,9°	0,483	0,719	46,0°	28,9°	31,1°	0,517	0,770	50,4°	-4,4
47,00°	0,73	0,49	29,40°	30,60	0,76	49,3°	36,34°	30,6°	29,4°	0,491	0,731	47,0°	29,4°	30,6°	0,509	0,759	49,3°	-2,3
48,00°	0,74	0,50	29,92°	30,08	0,75	48,3°	36,32°	30,1°	29,9°	0,499	0,743	48,0°	29,9°	30,1°	0,501	0,747	48,3°	-0,3
48,15°	0,74	0,50	30,00°	30,00	0,75	48,2°	36,32°	30,0°	30,0°	0,500	0,745	48,2°	30,0°	30,0°	0,500	0,745	48,2°	0,0
48,40°	0,75	0,50	30,12°	29,88	0,74	47,9°	36,32°	29,9°	30,1°	0,502	0,748	48,4°	30,1°	29,9°	0,498	0,742	47,9°	0,5
48,60°	0,75	0,50	30,23°	29,77	0,74	47,7°	36,32°	29,8°	30,2°	0,503	0,750	48,6°	30,2°	29,8°	0,497	0,740	47,7°	0,9
48,80°	0,75	0,50	30,33°	29,67	0,74	47,5°	36,32°	29,7°	30,3°	0,505	0,752	48,8°	30,3°	29,7°	0,495	0,738	47,5°	1,3
49,00°	0,75	0,51	30,43°	29,57	0,74	47,3°	36,33°	29,6°	30,4°	0,507	0,755	49,0°	30,4°	29,6°	0,493	0,735	47,3°	1,7
50,00°	0,77	0,51	30,94°	29,06	0,72	46,4°	36,37°	29,1°	30,9°	0,514	0,766	50,0°	30,9°	29,1°	0,486	0,724	46,4°	3,6
51,00°	0,78	0,52	31,44°	28,56	0,71	45,4°	36,43°	28,6°	31,4°	0,522	0,777	51,0°	31,4°	28,6°	0,478	0,712	45,4°	5,6
52,00°	0,79	0,53	31,93°	28,07	0,70	44,5°	36,52°	28,1°	31,9°	0,529	0,788	52,0°	31,9°	28,1°	0,471	0,701	44,5°	7,5
53,00°	0,80	0,54	32,41°	27,59	0,69	43,6°	36,63°	27,6°	32,4°	0,536	0,799	53,0°	32,4°	27,6°	0,463	0,690	43,6°	9,4
54,00°	0,81	0,54	32,89°	27,11	0,68	42,8°	36,77°	27,1°	32,9°	0,543	0,809	54,0°	32,9°	27,1°	0,456	0,679	42,8°	11,2
55,00°	0,82	0,55	33,35°	26,65	0,67	41,9°	36,94°	26,6°	33,4°	0,550	0,819	55,0°	33,4°	26,6°	0,449	0,668	41,9°	13,1
56,00°	0,83	0,56	33,81°	26,19	0,66	41,1°	37,12°	26,2°	33,8°	0,556	0,829	56,0°	33,8°	26,2°	0,441	0,658	41,1°	14,9
58,00°	0,85	0,57	34,69°	25,31	0,64	39,6°	37,57°	25,3°	34,7°	0,569	0,848	58,0°	34,7°	25,3°	0,427	0,637	39,6°	18,4
60,00°	0,87	0,58	35,54°	24,46	0,62	38,1°	38,10°	24,5°	35,5°	0,581	0,866	60,0°	35,5°	24,5°	0,414	0,617	38,1°	21,9
65,00°	0,91	0,61	37,46°	22,54	0,57	34,8°	39,82°	22,5°	37,5°	0,608	0,906	65,0°	37,5°	22,5°	0,383	0,571	34,8°	30,2
70,00°	0,94	0,63	39,10°	20,90	0,53	32,1°	42,11°	20,9°	39,1°	0,631	0,940	70,0°	39,1°	20,9°	0,357	0,532	32,1°	37,9
80,00°	0,98	0,66	41,37°	18,63	0,48	28,4°	48,42°	18,6°	41,4°	0,661	0,985	80,0°	41,4°	18,6°	0,319	0,476	28,4°	51,6
85,00°	1,00	0,67	41,96°	18,04	0,46	27,5°	52,48°	18,0°	42,0°	0,669	0,996	85,0°	42,0°	18,0°	0,310	0,461	27,5°	57,5

Linear polarisiertes Licht - Optische Aktivität

Gekreuzte Polarisatoren

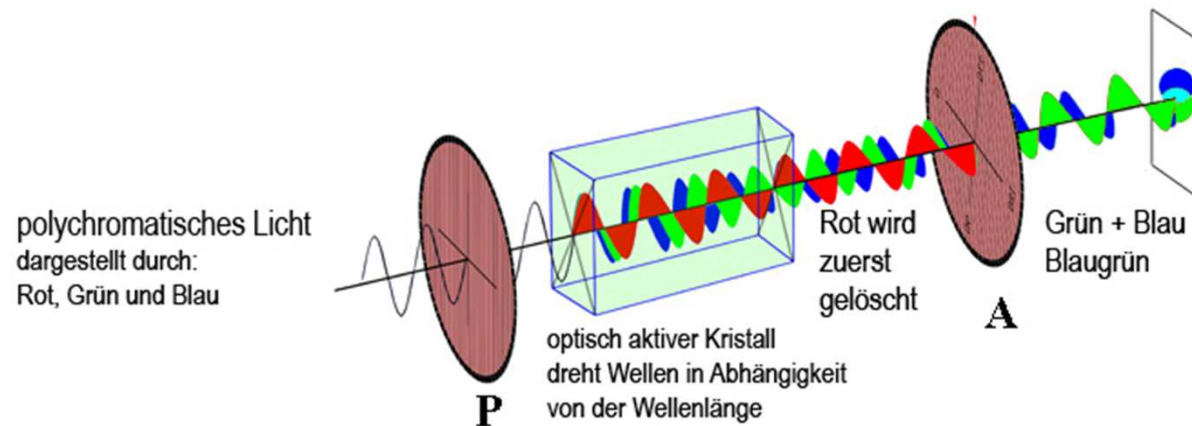


Optische Aktivität



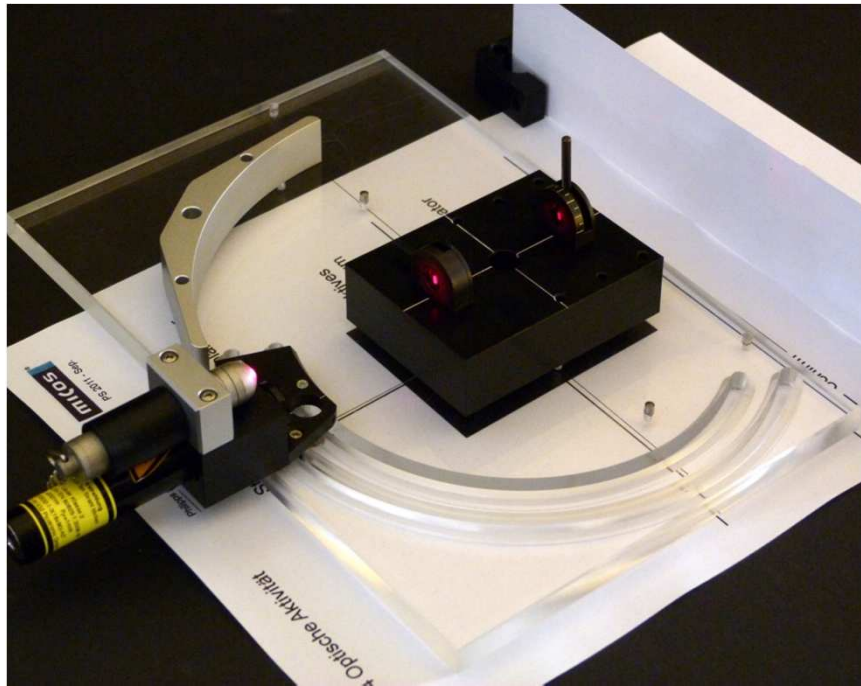
Optische Aktivität ist wellenlängenabhängig

Rotationsdispersion



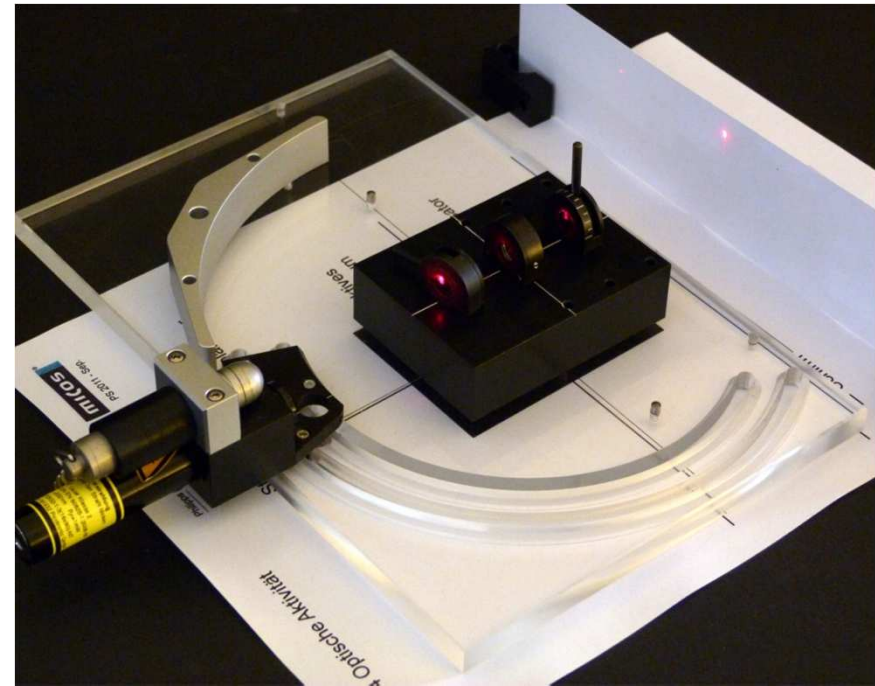
Linear polarisiertes Licht – Optische Aktivität

Gekreuzte Polarisatoren



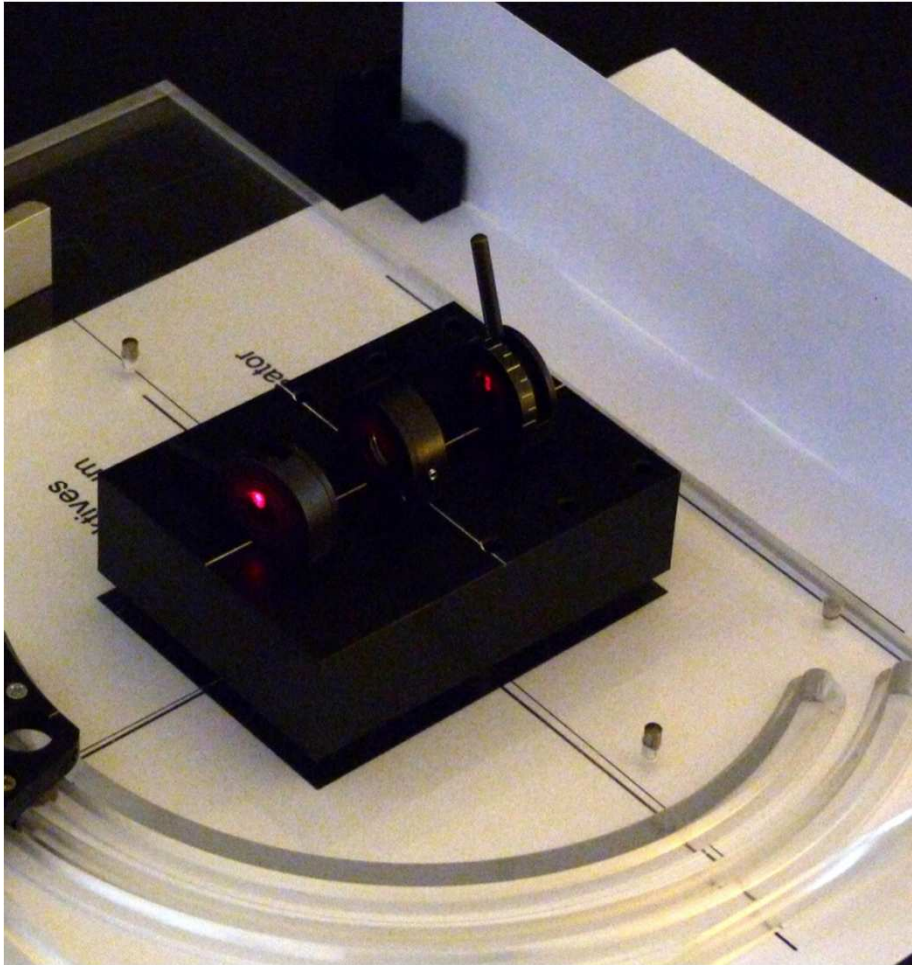
Auslöschung der Wellen

Optisch aktives Medium dreht Schwingungsebene der Wellen

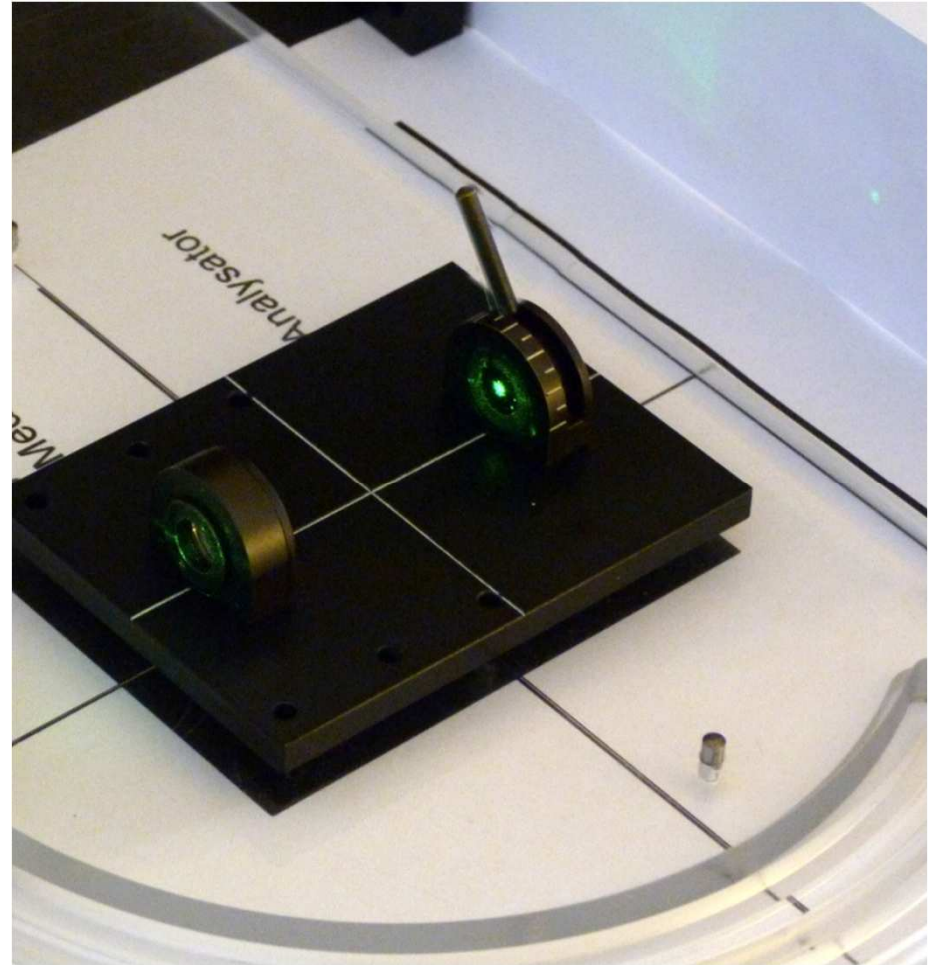


Keine Auslöschung der Wellen

Optische Aktivität ist wellenlängenabhängig



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



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

Das Stiftungsprojekt:

1. LASER-Optik-KIT Snellius-2017 Basic steht als Klassensatz zur Evaluierung zur Verfügung

z.B. Planung und Durchführung eines physikalischen Vormittages, eines Physikabends etc. für Schüler der Unter- und Mittelstufe

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

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

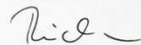
Die AG Physikalische Praktika unterstützt die Entwicklung von innovativen
Physik-Experimenten an Hochschulen und Universitäten, da das Bild von der
Physik insbesondere während der Schul- und Bachelor-Ausbildung entscheidend
mit von der in den Praktika vorhandenen Experimentiertechnik geprägt wird.

Dieses Zertifikat wurde auf der Praktikumsleitertagung PLT 2011 überreicht.

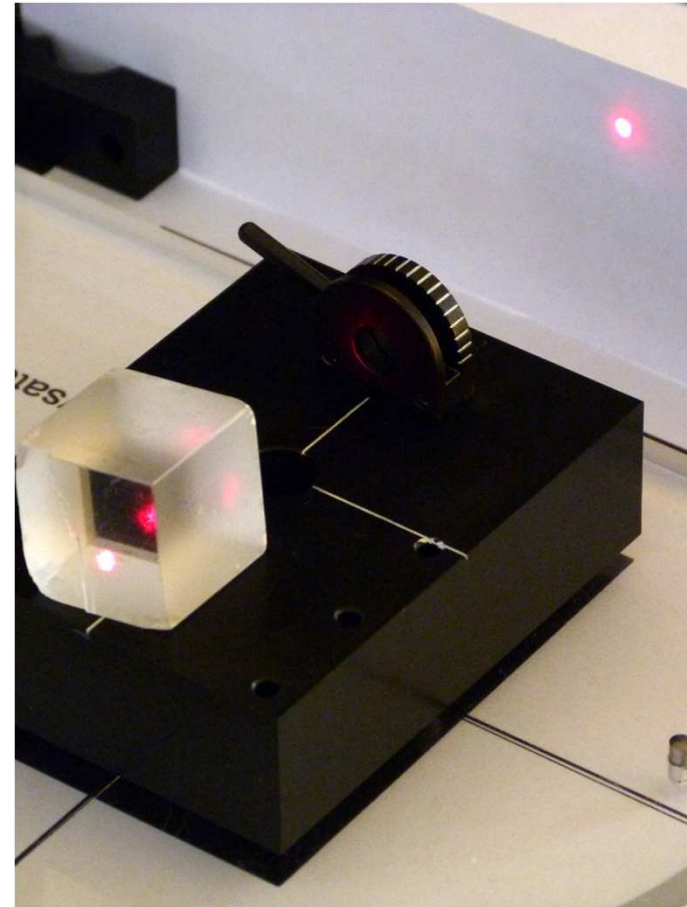
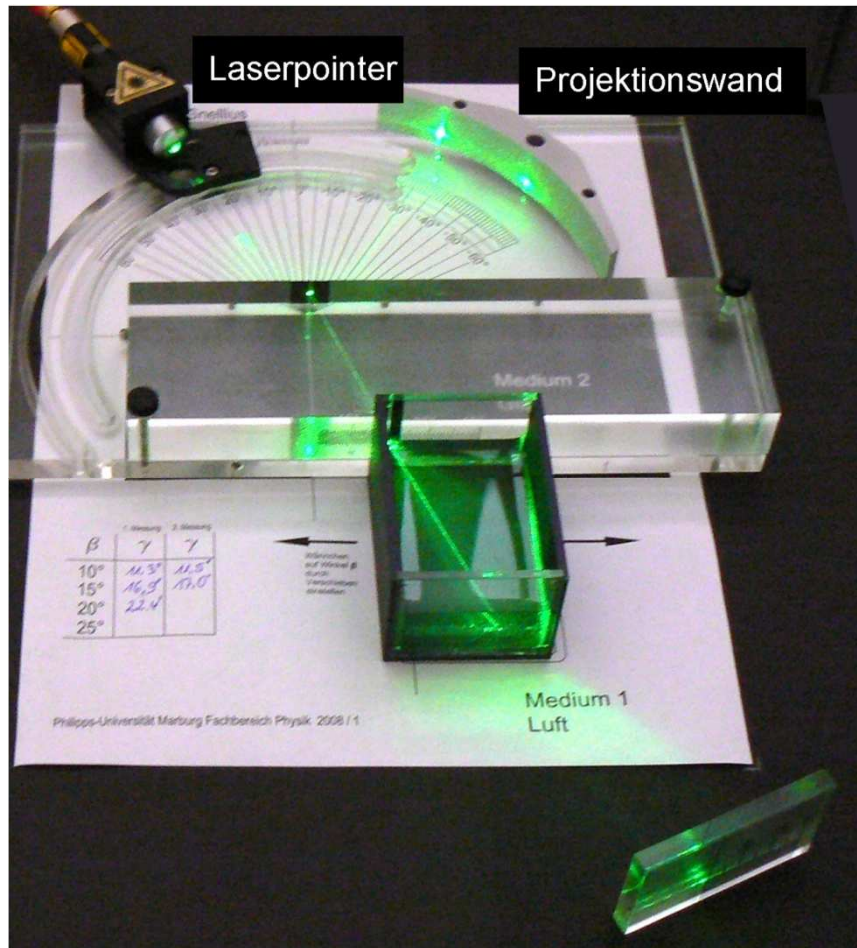
Chemnitz, 21.9.2011

Prof. Dr. Ilja Rückmann

Sprecher der AG Physikalische Praktika



LASER-OPTIK-KIT "SNELLIUS"



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

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

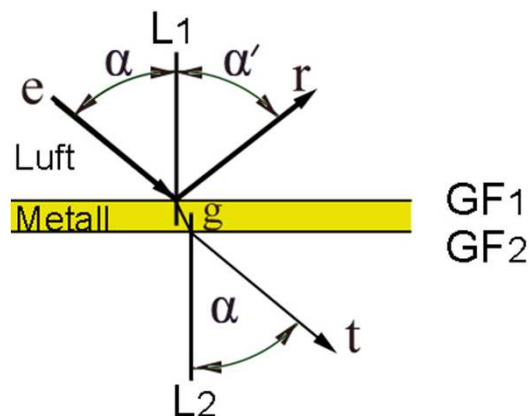
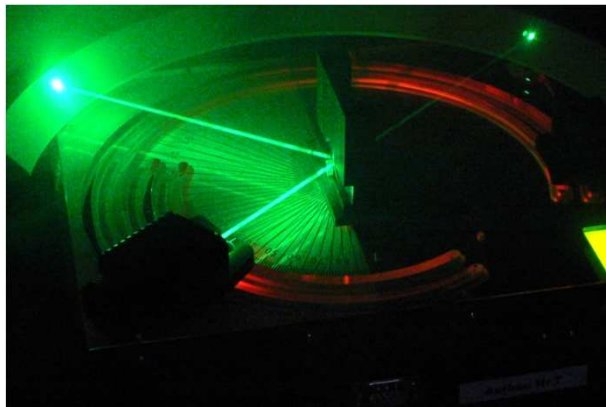
Experimentierumgebung **Versuchsaufbau**

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

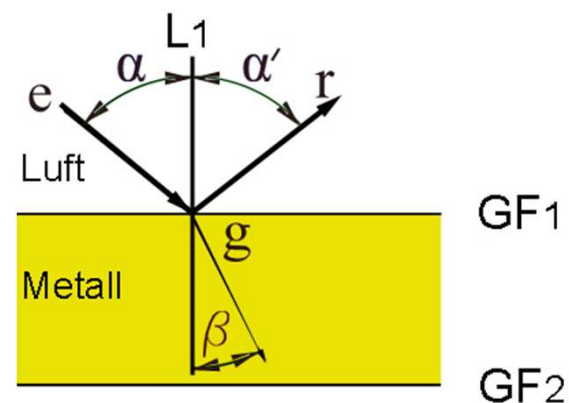
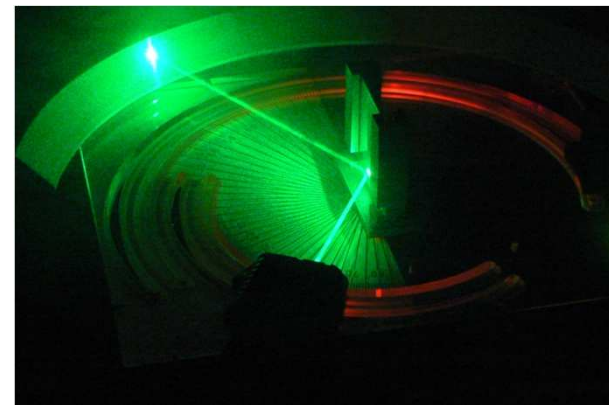
Verhalten an optischen Grenzflächen

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

Metallfolie



Metallplatte



3. Von gekreuzte Polarisatoren zur optischen Aktivität

- optische Aktivität

rechtsdrehende und linksdrehende Substanzen

Wellenlängenabhängigkeit

λ - bei 589 nm Na Duplett

M - Material

d - Probendicken

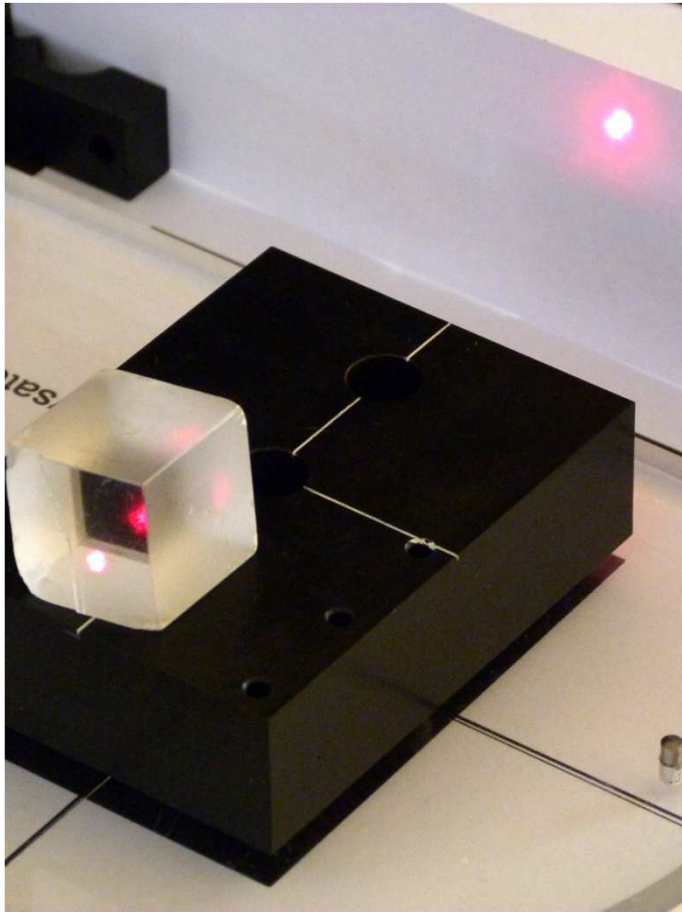
Q - Stoffkonzentration bei Flüssigkeiten

Versuchsaufbau LASER-OPTIK-KIT „Snellius“

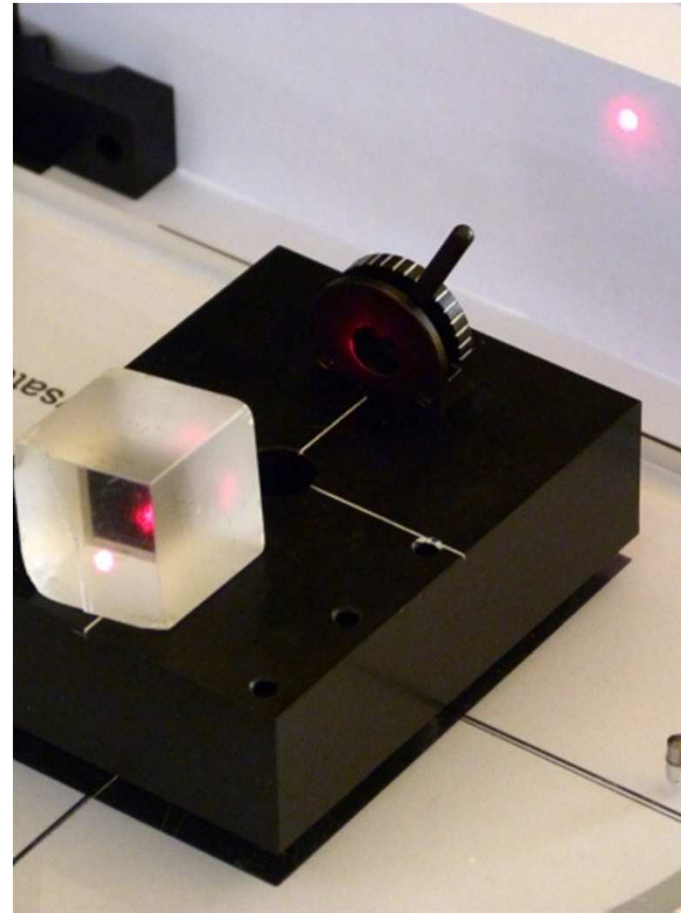
Wellenlängenabhängigkeit wird auf 532 und 650 nm erweitert:

Basic für Polarisationsversuch

Doppelbrechung am Beispiel von rotem Licht



Kristall erzeugt zwei Strahlen



- die linear polarisiert sind
- stehen senkrecht zueinander

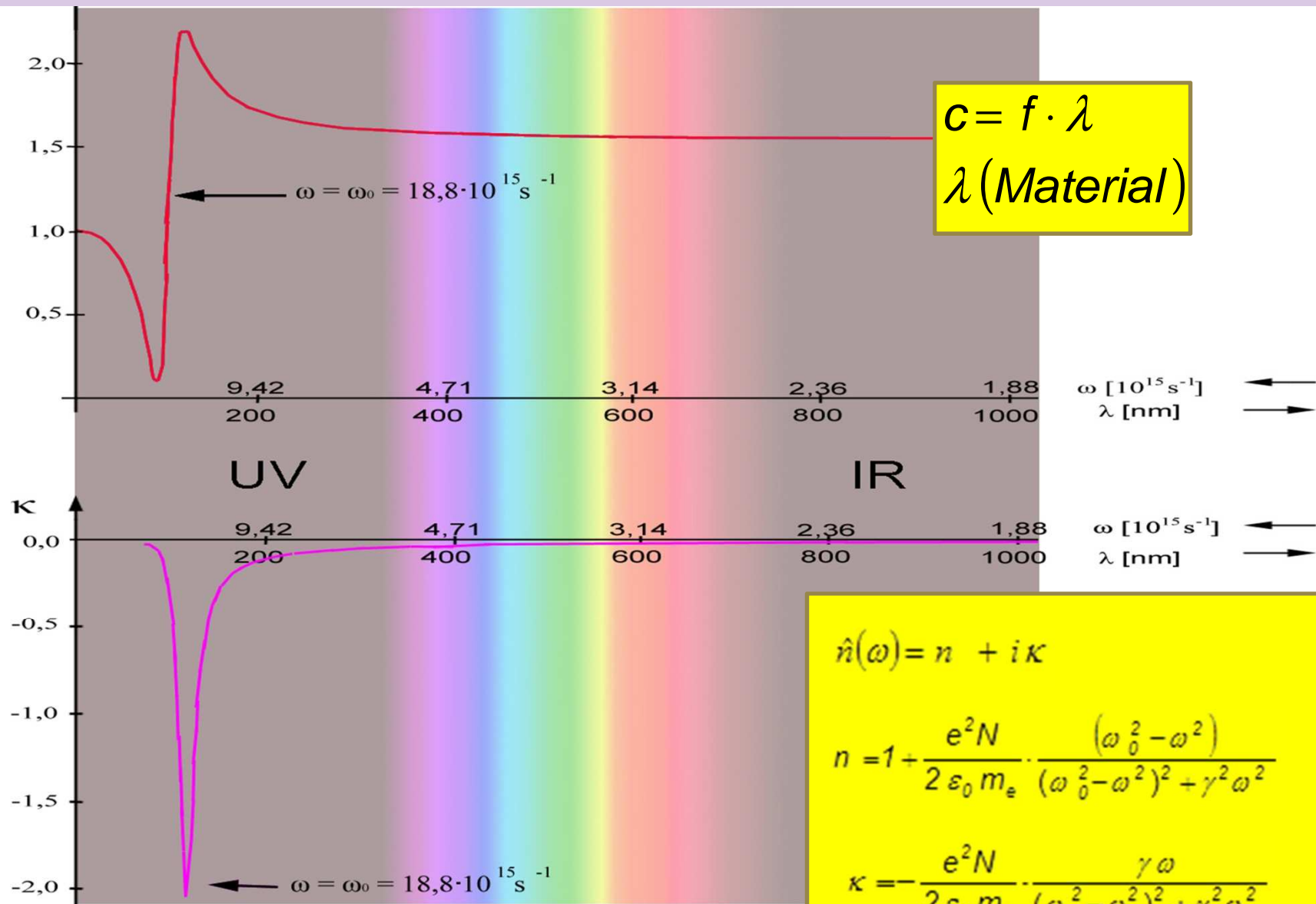
4. Spektroskopie

von den Basics

- Halbkreisscheibe
- Prisma
- Gitter

zum Spektralapparat

Dispersionsrelation



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)

