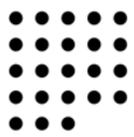


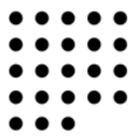
Indirekte Auswirkungen durch vorübergehende Blendung nach OStrV

Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Reidenbach
Fachhochschule Köln

Forschungsbereich Medizintechnik und Nichtionisierende Strahlung



- Sichtbare optische Strahlung fällt auf die Netzhaut und erzeugt dort normalerweise
 - ❖ Seh- und Bildeindrücke
- Bei einer Exposition kann es auch zu vorübergehender Blendung und bei Überexposition eventuell sogar zu Augenschäden kommen
 - (Schädigung bei Überexposition) **wird hier nicht betrachtet**
- Vorübergehende Blendung muss in der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden

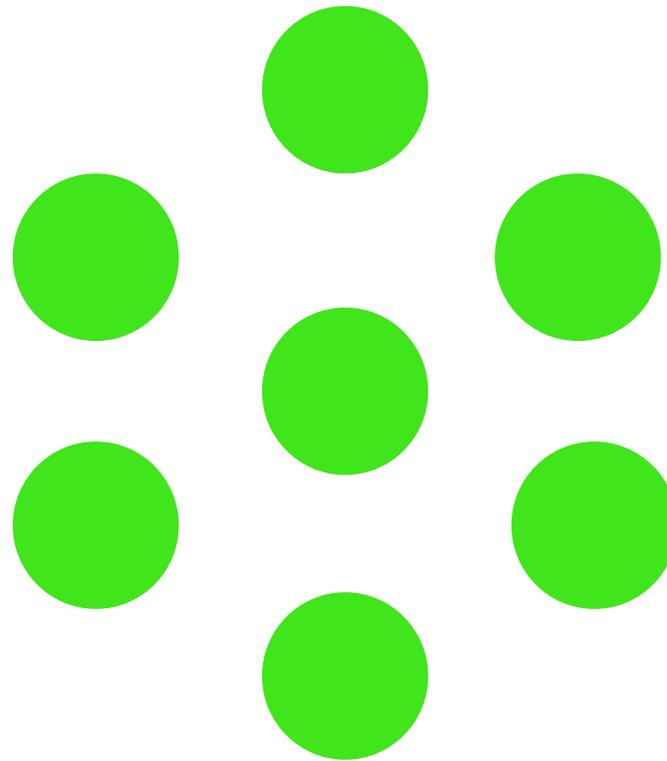


- Blendung kann als Wirkung von Licht beschrieben werden, und zwar wenn
 - ❖ „Exposition“ groß genug ist, um die **Sehfähigkeit** einer Person zu verringern oder um **Belästigungen oder Unbehagen** hervorzurufen



Physiologische und psychologische Blendung (Belästigungen und Unbehagen)

- **Die unmittelbaren Blendeffekte dauern nur solange wie das Licht tatsächlich gegenwärtig ist.**
- **Blendung wird aber auch von Nachbildern begleitet.**

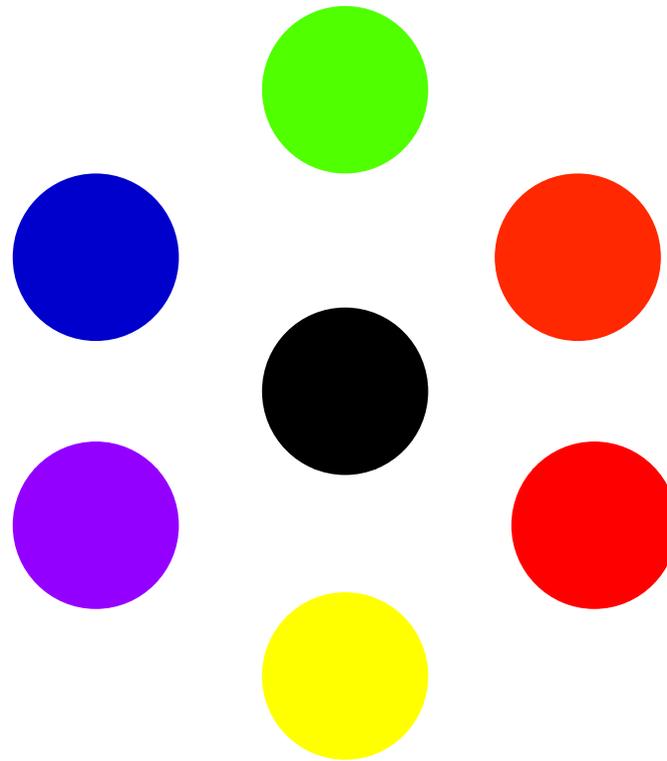




**Nachbild erscheint in Komplementärfarbe,
aber bei Laserstrahlung zuerst und relativ lange danach
in der ursprünglichen Farbe.**

**Grund: Ein Bildschirm oder eine Leinwand hat eine
Helligkeit von etwa 200 cd/m^2 ,
aber ein Laser mit 1 mW hat ca. 10^{10} cd/m^2 .**

Farbsehen kehrt früher zurück als Schwarz-Weiß-Sehen



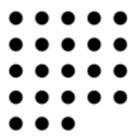


Beispiele für Blendungserscheinungen

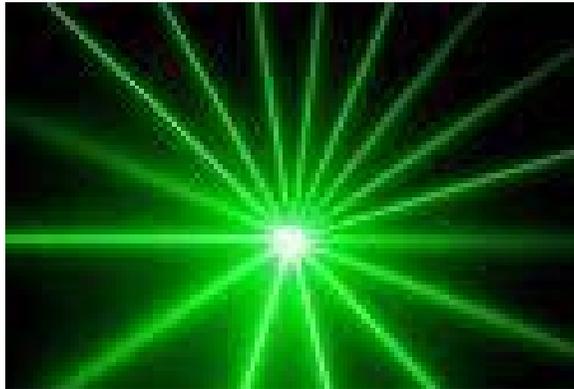


16.9.2013

Blendung



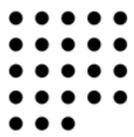
Sichtbare Laserstrahlung kann zu vorübergehenden Effekten führen:



- Irritationen Ablenkung, Erschrecken,
- Blendung,
- Blitzlichtblindheit und
- Nachbilder.

- Diese halten noch nach dem Blendereignis an
- Sehvermögen kann mehr oder weniger lange beeinträchtigt werden (Verschlechterung des Sehvermögens).
- Daraus können indirekte Gefährdungen entstehen, deren Ausmaß größer sein kann, als ein einzelner Augenschaden.
- **Ein Crash eines Flugzeuges ist nicht ausgeschlossen.**

- Bei Bestrahlungen im VIS kommt es bereits unterhalb der Expositionsgrenzwerte zu Blendungserscheinungen als Folge der Sättigung der Fotorezeptoren durch Licht
- Blendung ist eigentlich kein Thema bei ICNIRP und auch in den Normen allenfalls ansatzweise
- **Blendung muss aber nach OStrV bei der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden**
- Grenzwerte für Blendung liegen (noch) nicht vor
- Es gibt aber ein paar wichtige Erkenntnisse



Wodurch entsteht die Gefährdung?

- z. B. missbräuchlicher, zweckentfremdeter Einsatz von Laserpointern

Wann?

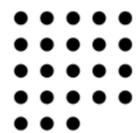
- Ausführung von sicherheitsrelevanten Tätigkeiten, wie z. B.
 - Führen eines Luftfahrzeugs (Flugzeug, Hubschrauber)
 - Lenken von Kraftfahrzeugen
 - Steuern von Bahnen oder
 - Bedienen von Maschinen

Außerdem:

- Angriffe auf Polizisten
- Irritieren von Sportlern (z. B. Ballspieler, Boxer, Leichtathleten)
- Anstrahlen von Passanten

Merkregel:

- **Bereits eine kurzzeitige Blendung kann gefährlich sein.**

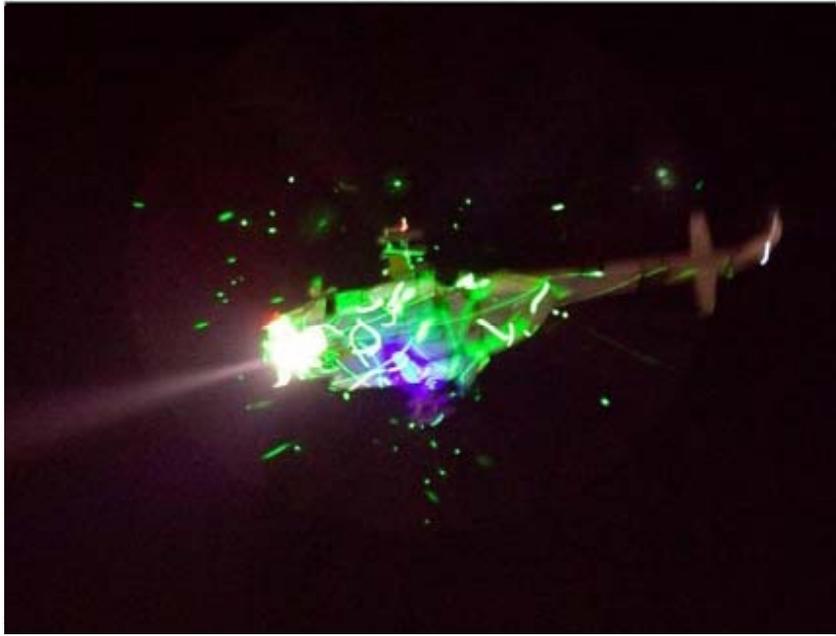


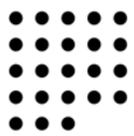
Reportagen im Laserlicht





David gegen Goliath?

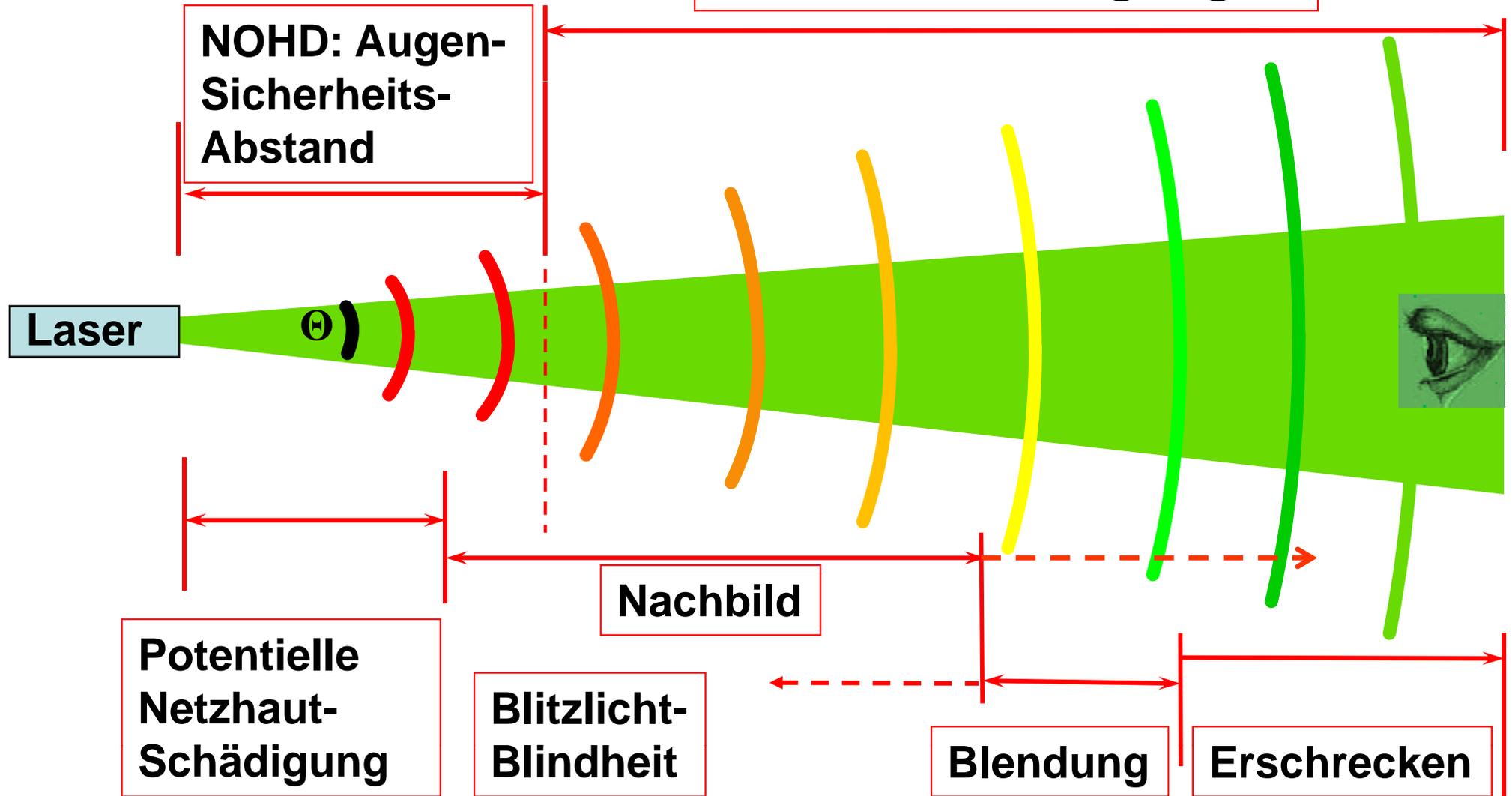


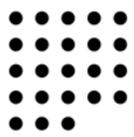


Mögliche Effekte durch Laserstrahlung

$$\text{NOHD} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot \text{MZB}}} \cdot \frac{1}{\Theta}$$

Sehbeeinträchtigungen





NOHD als Funktion von Leistung und Θ



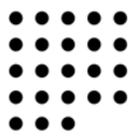
$\lambda \geq 500$ nm:

$$\text{NOHD}(10\text{s}) \approx 0,36 \cdot \sqrt{P} \cdot \frac{1}{\Theta}$$

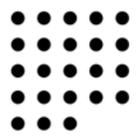
$$\text{NOHD}(0,25\text{s}) \approx 0,226 \cdot \sqrt{P} \cdot \frac{1}{\Theta}$$

<u>Laserstrahlleistung</u> mW	Expositionsdauer: ≥ 10 s MZB-Wert: 10 W/m ²		Expositionsdauer: 0,25 s MZB-Wert: 25 W/m ²	
	NOHD/m	NOHD/m	NOHD/m	NOHD/m
	bei 1 mrad	bei 0,1 mrad	bei 1 mrad	bei 0,1 mrad
5	25	250	16	160
10	36	360	23	225
50	80	800	50	500
100	113	1128	71	710
500	252	2525	160	1600
1000	360	3570	225	2250

Gibt es auch Abstände zur Vermeidung von Blendung?

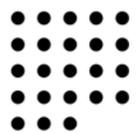


- Untersuchung der unmittelbaren Sehbeeinträchtigungen nach einer akuten Blendung durch Laserstrahlung
- Ermittlung der funktionalen Zusammenhänge zwischen den Parametern der Laserstrahlung und der Sehbeeinträchtigung
- Parameter:
 - Laserstrahlleistung
 - Laserwellenlänge
 - Expositionsdauer
- Haupteffekte einer vorübergehenden Blendung
 - Nachbild
 - Blitzlichtblindheit



Blitzlichtblindheit



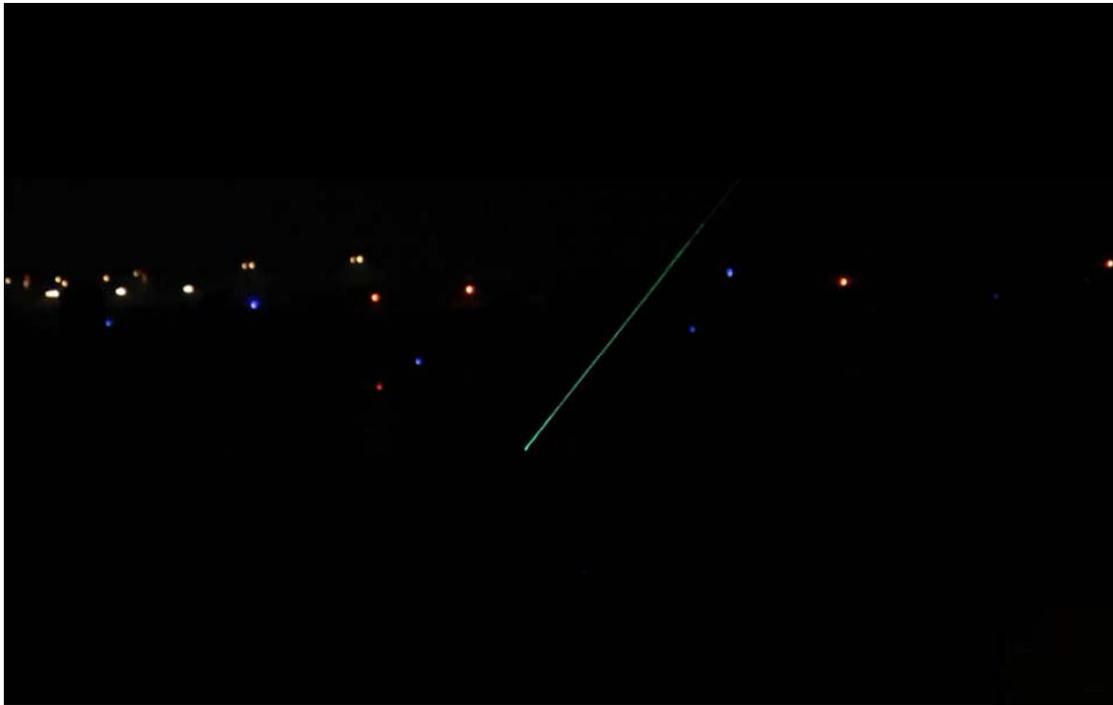


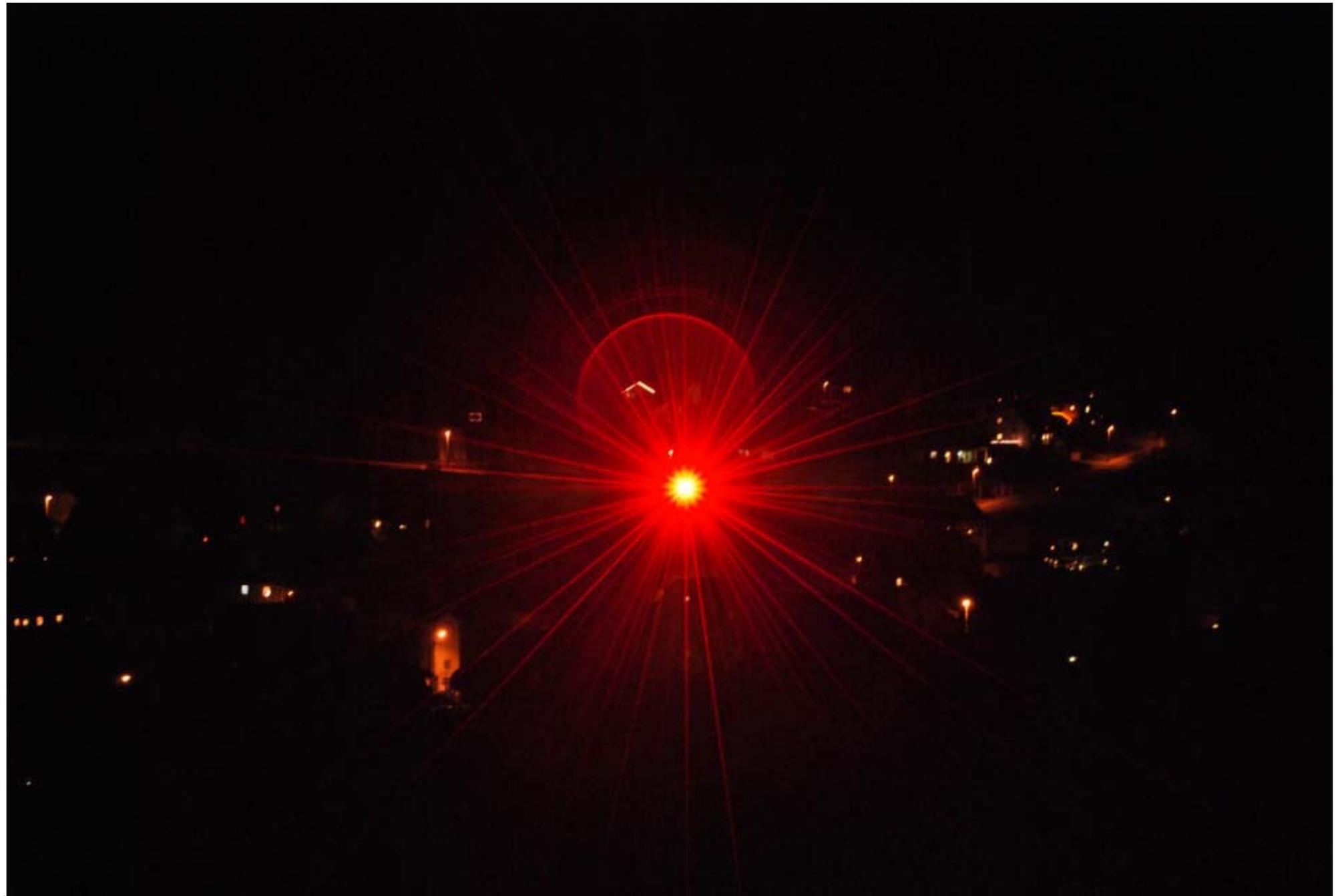
Verfügbare Laserwellenlängen

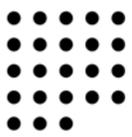




Blick aus Cockpit auf Laserstrahl





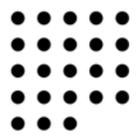


- Staring into a laser beam, like staring into the sun, is dangerous.
- A momentary exposure however, can be compared to an accidental glance at the sun.
- In an accidental glance, the light does not remain focused on a single point on the retina, so the hazard potential is lessened.
- Considering aircraft movement and/or laser beam scanning, the probability of a prolonged exposure is statistically very low.
- This fact may actually permit use of slightly higher irradiance values.
- However, to maintain a reasonable margin of safety, the value of **2.6 mW/cm²** is chosen as the maximum permissible irradiance allowed at the aircraft.

U.S. Department
of Transportation
Federal Aviation
Administration

7400.2D

*Procedures for Handling
Airspace Matters*



■ 500ft of low beam headlight and off-axis laser

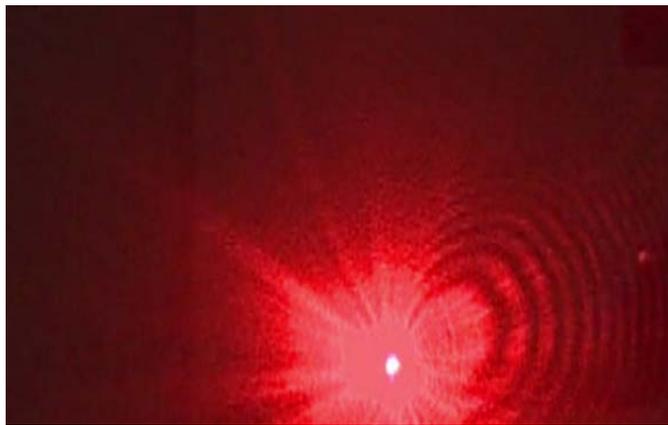
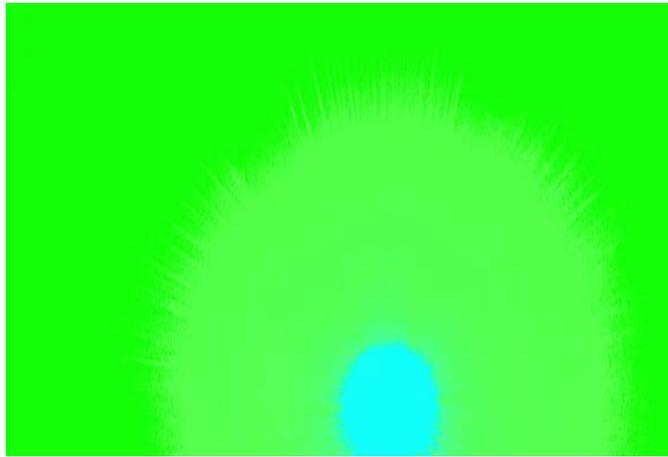


5 mW

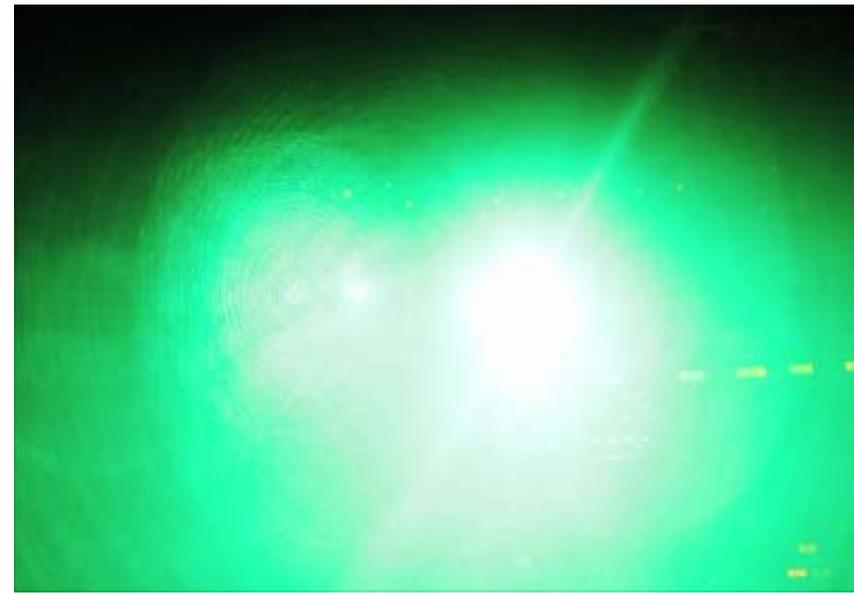
<http://fisherka.csolutionshosting.net/astronote/observed/Glptst/index.html>

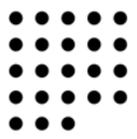


Blendeindruck im Cockpit



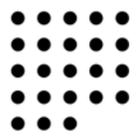
- **Blendsituationen: 5 mW aus ca. 70 m
oder 500 mW aus ca. 700 m Entfernung**





Sicht- und Sehverhältnisse im Cockpit

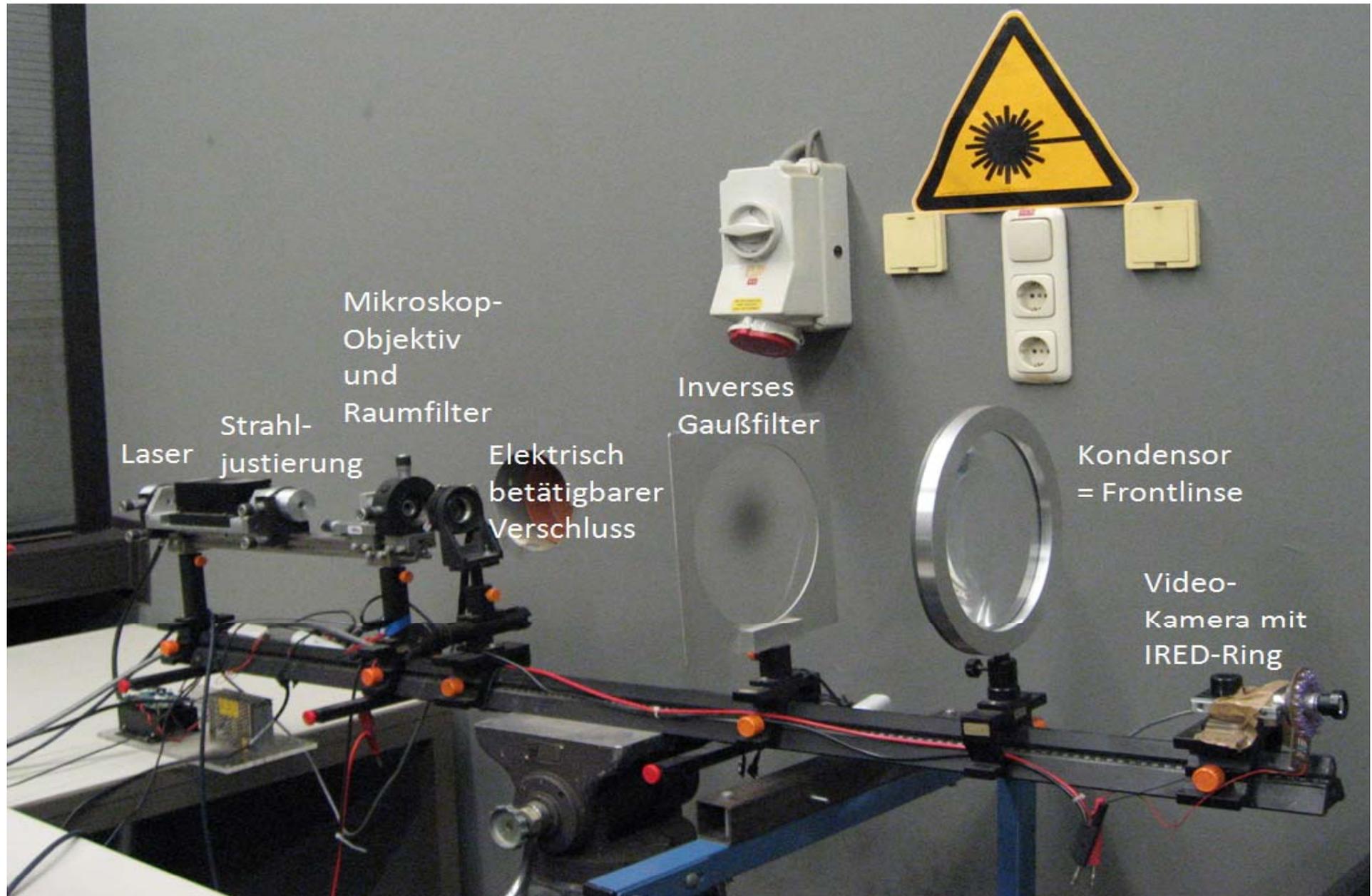
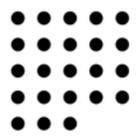




- Simulation einer Blendung mit Nachbild

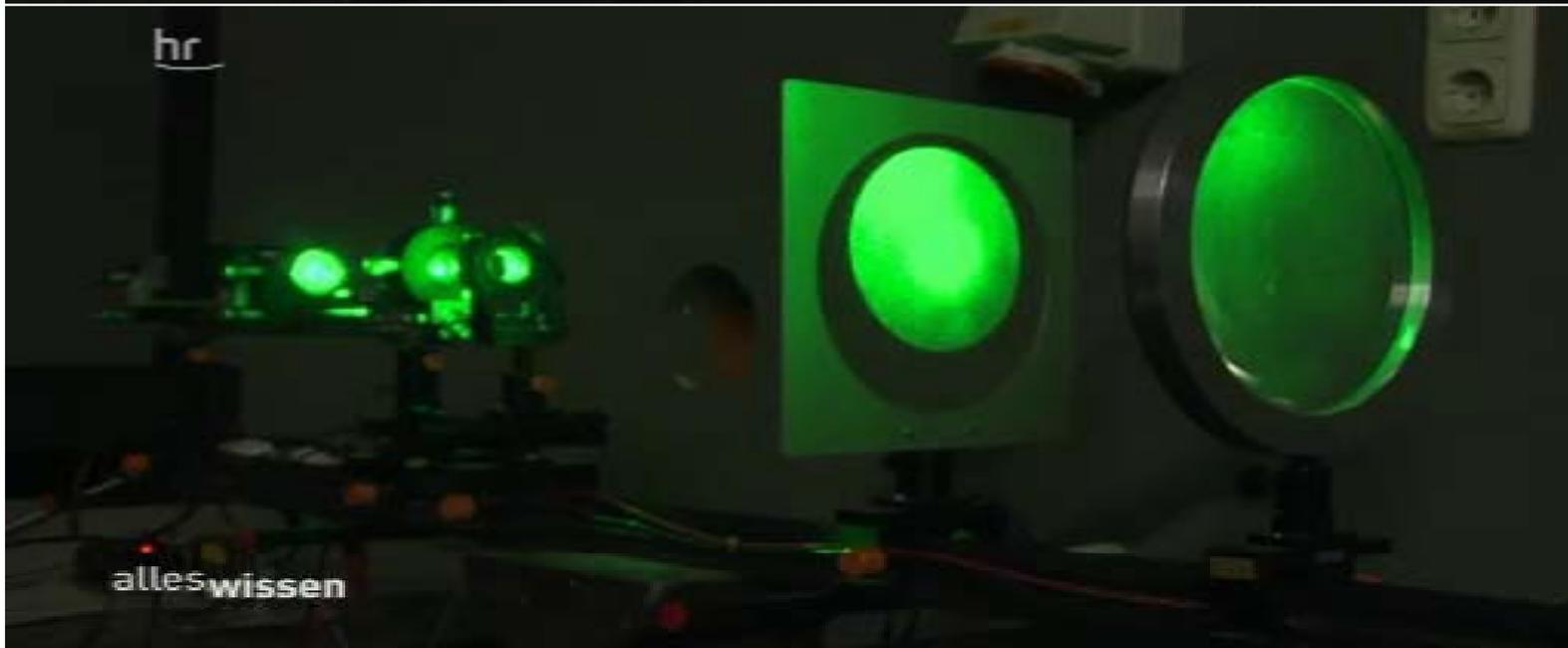
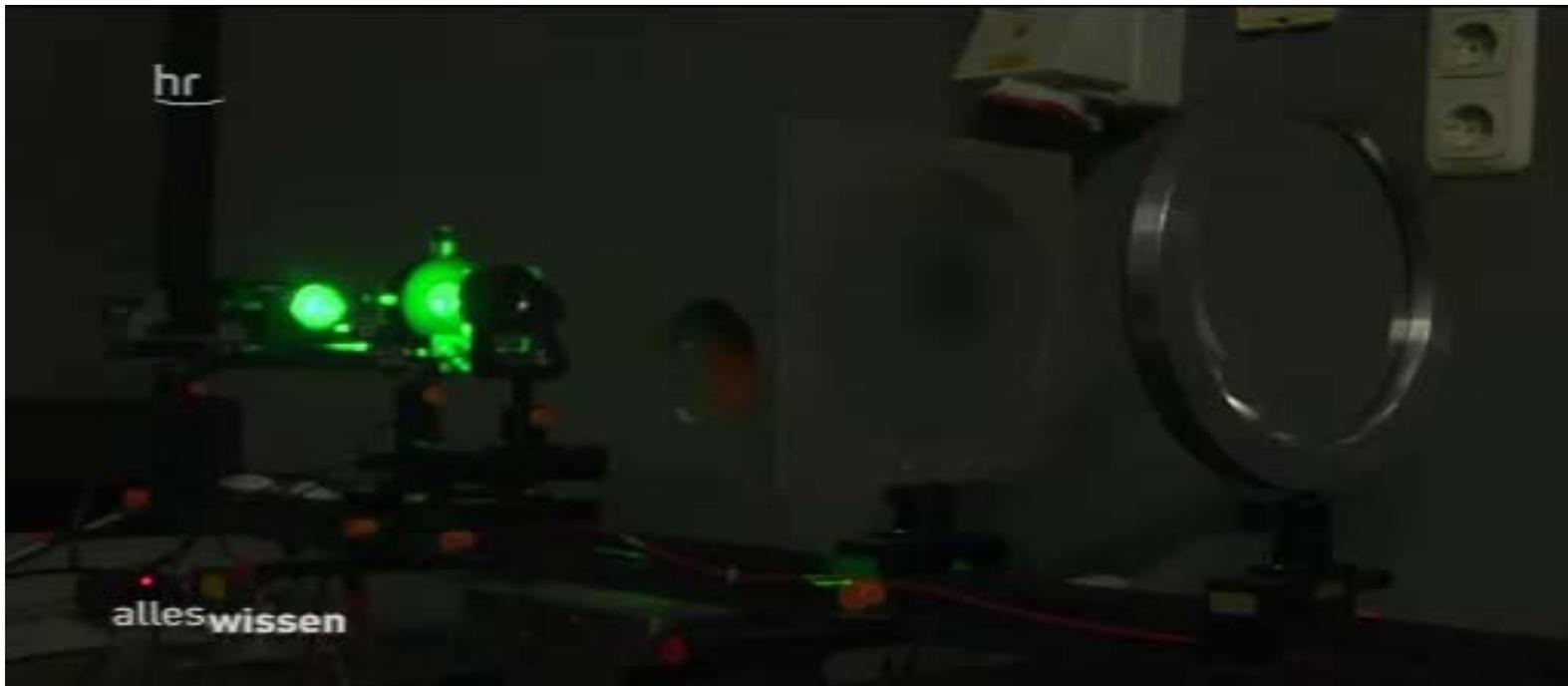


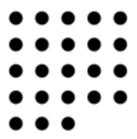




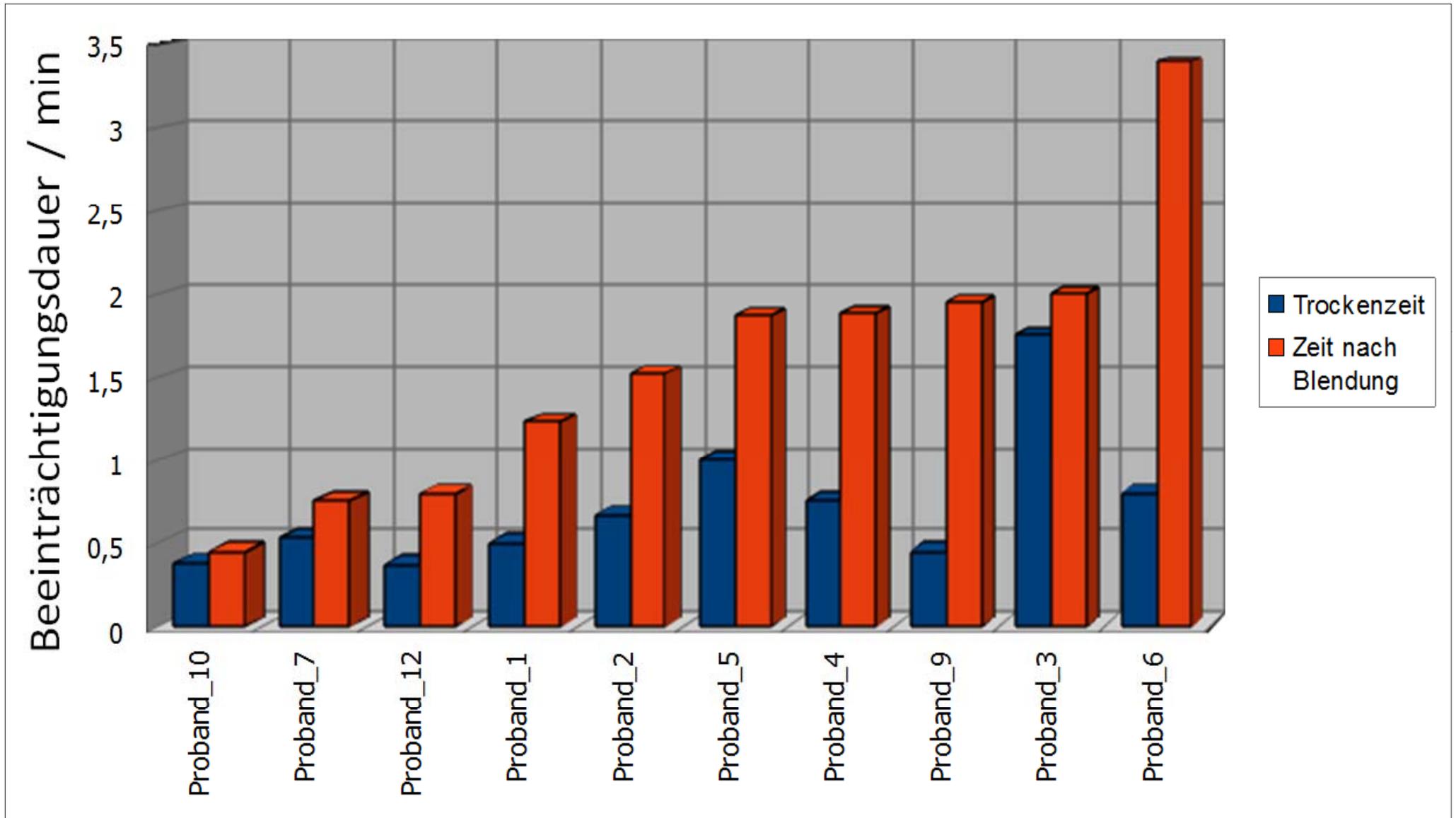


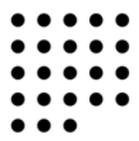
Blendsimulator im Labor in Aktion



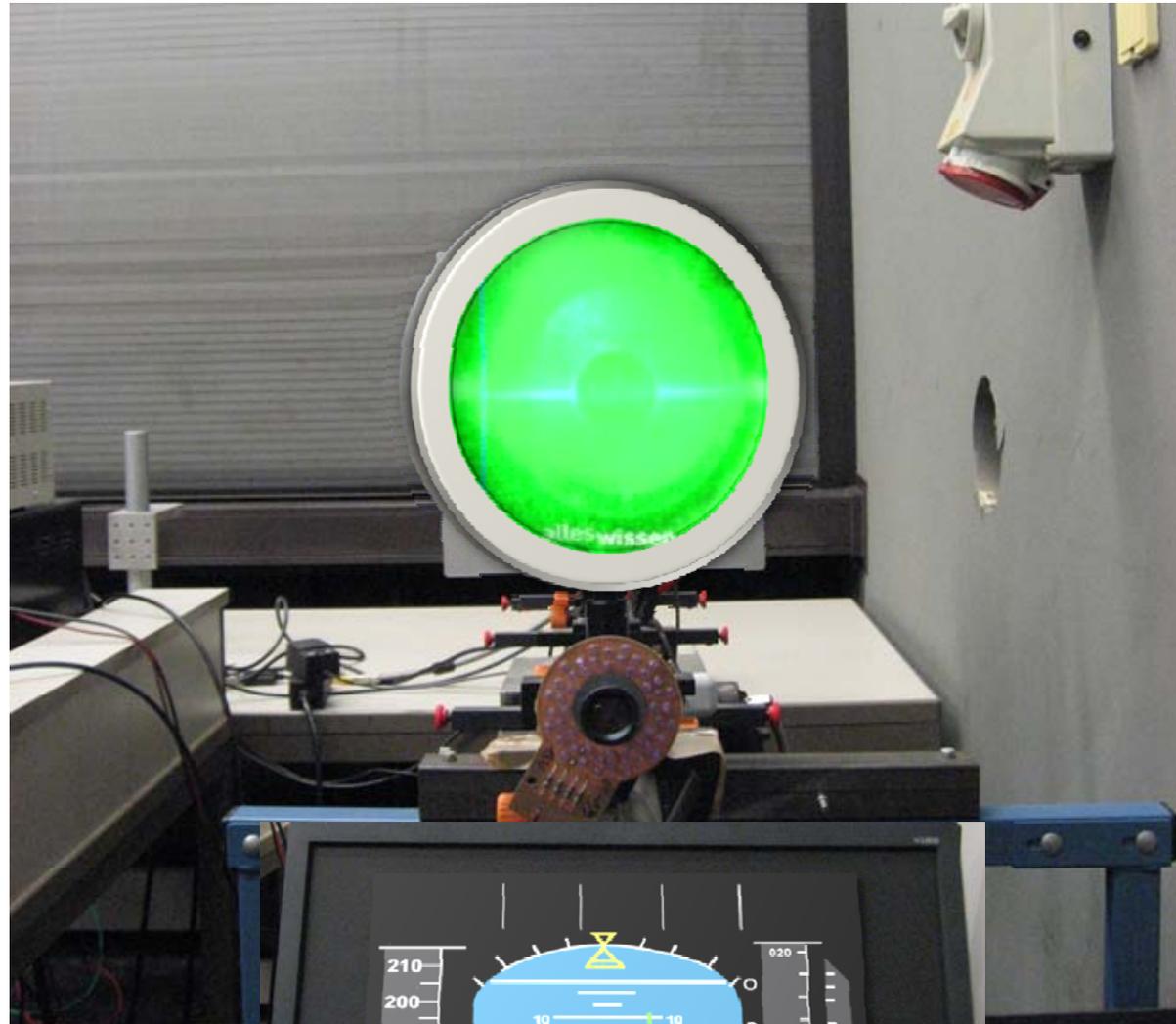


Ergebnis Kursänderung

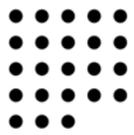




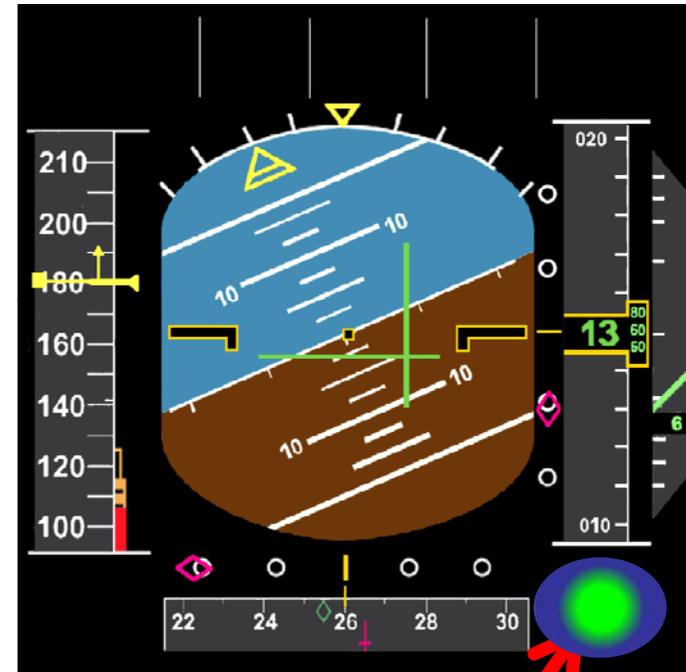
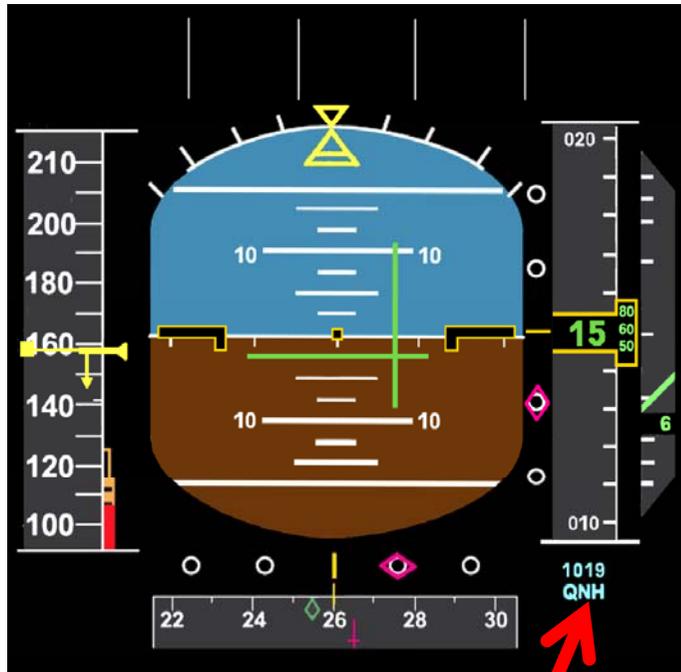
Blick in die Blendeinrichtung



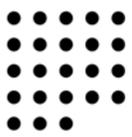
Blendung



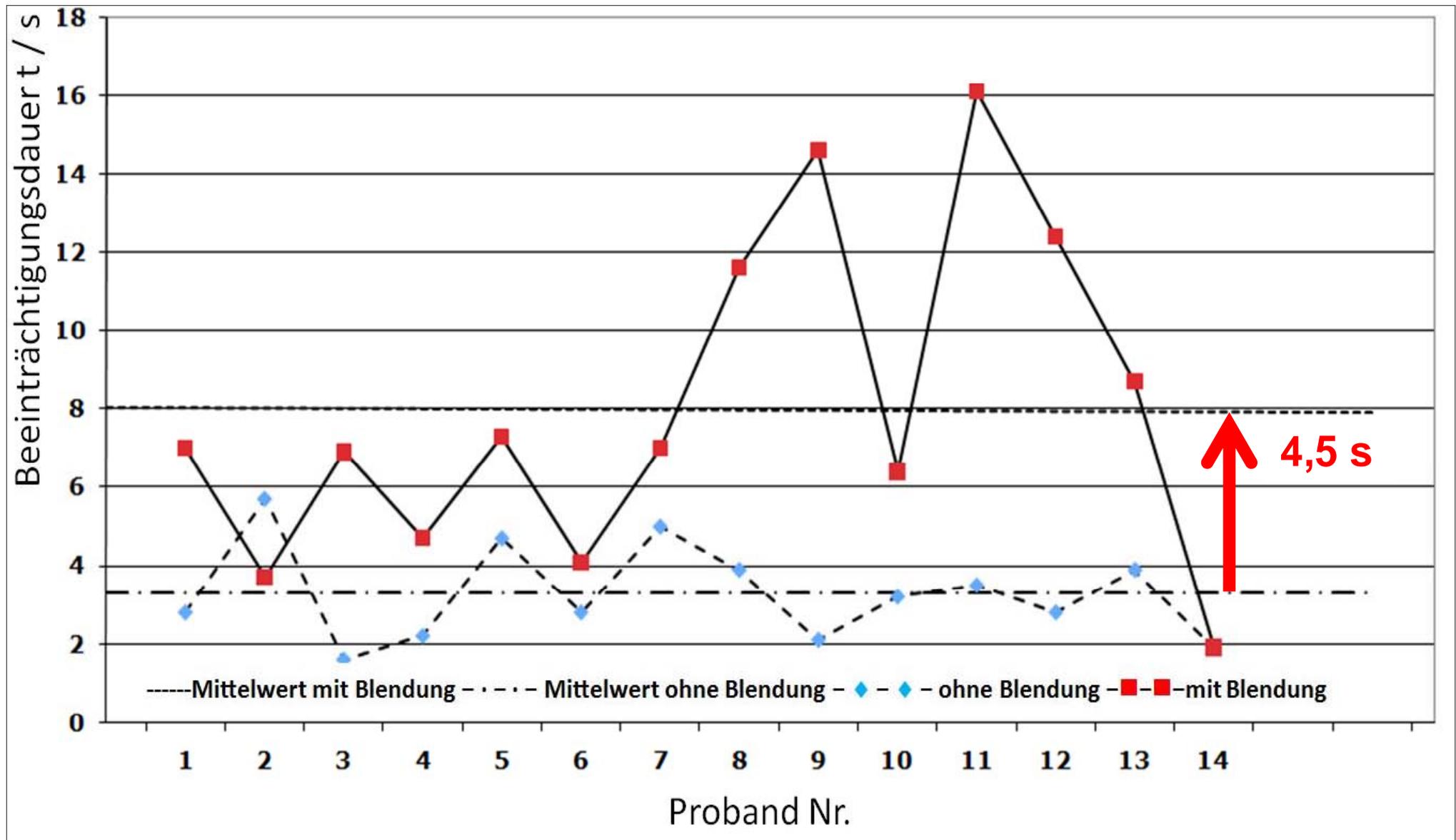
Bestimmung der Sehbeeinträchtigung

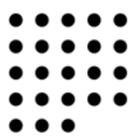


nach Blendung

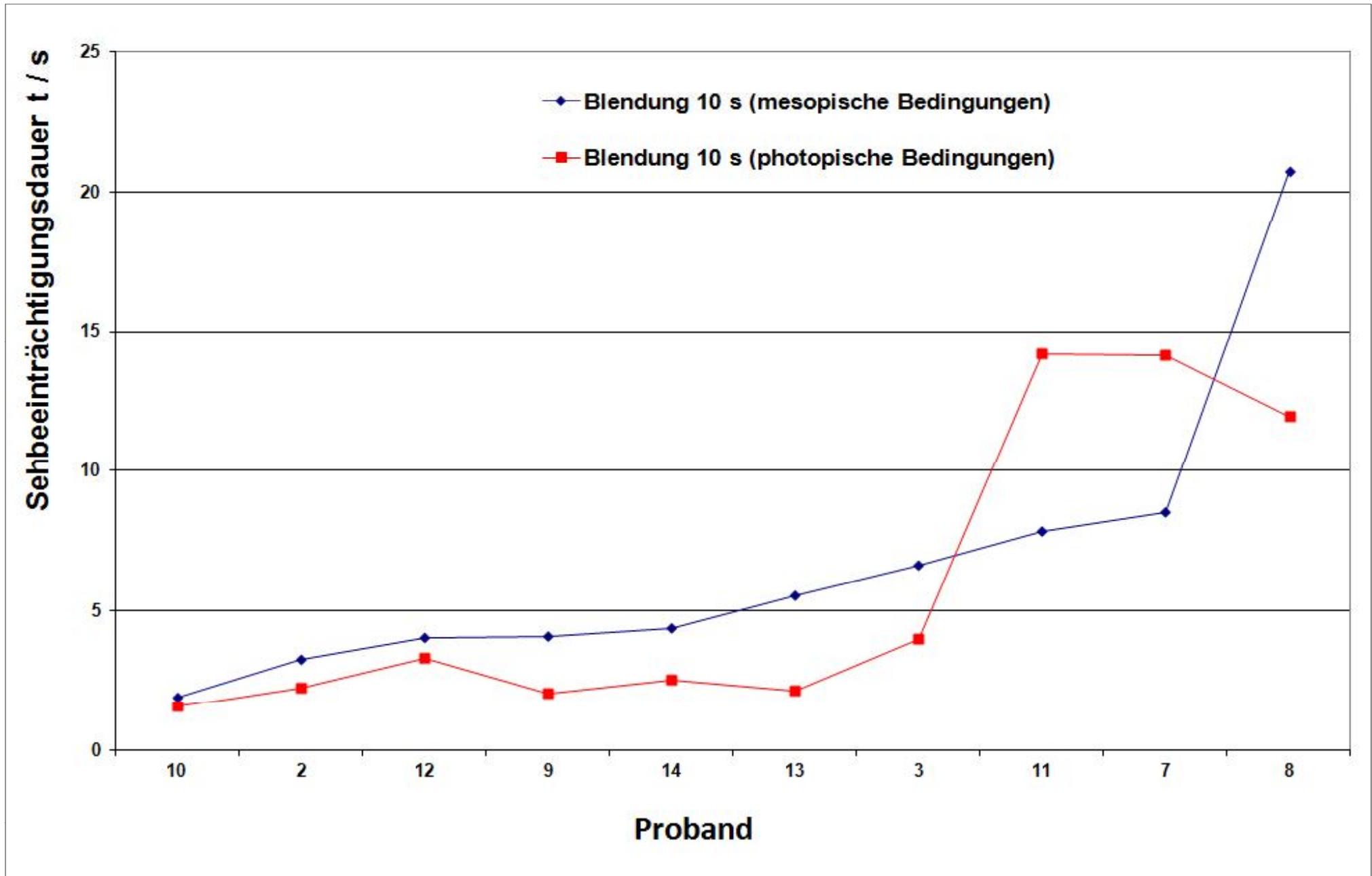


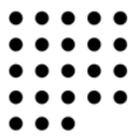
Zeitdauer zum Ablesen einer Höhenänderung





Sehbeeinträchtigungsdauer unter photopischen und mesopischen Sehbedingungen



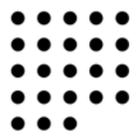


Blendung auf der Messe Laser Photonics

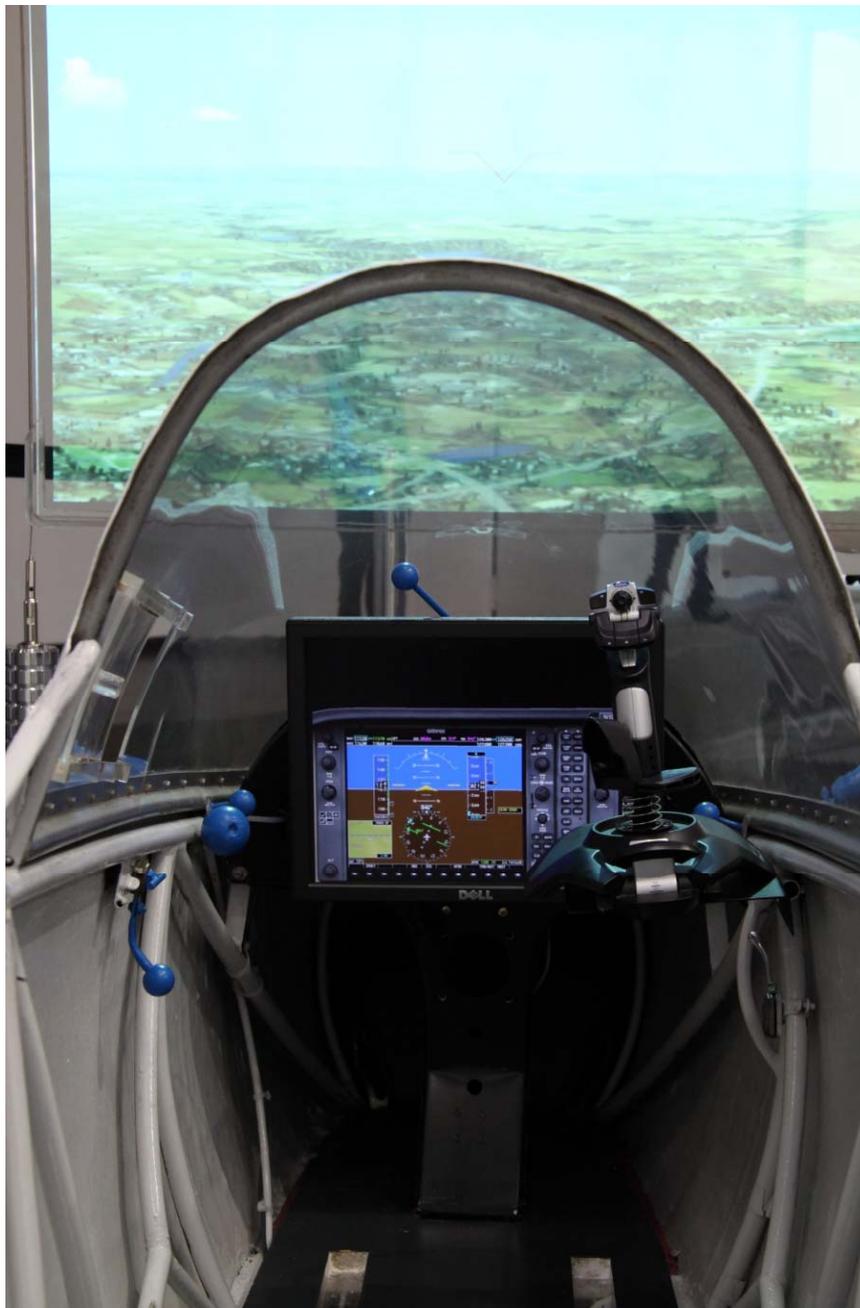


16.9.2013

Blendung



Blend-Simulation am Messestand



16.9.2013

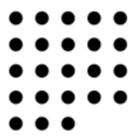
Blendung

- **Schutzmaßnahme:
Strahl mit Hand abschirmen?**



- **Schutzmaßnahme: Schutzbrille?**
Sicht auf Laserstrahl und Instrumente





- Although not strictly a colour vision issue, the authors warn: **“Selective absorption of visible light by any type of optical filter can potentially affect target detection and/or lighting visibility and colour appearance.”**

Cartledge, R., Thomas, S., Troxel, S., Kang, R., Keppler, K., Maier, D., Knisley and Garcia, P., Advanced Aircrew Vision Protection (AAVP): Interim Technology Transition Document AL/OEO, Brooks AFB, TX 1995.

RTO-TR-016
AC/323(HFM-012)TP/6

RTO TECHNICAL REPORT 16
Operational Colour Vision in the Modern Aviation Environment



RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
BP 25, 7 RUE ANCELLE, F-92201 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX, FRANCE

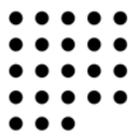
© RTO/NATO 2001

Single copies of this publication or of a part of it may be made for individual use only. The approval of the RTA Information Policy Executive is required for more than one copy to be made or an extract included in another publication. Requests to do so should be sent to the address above.

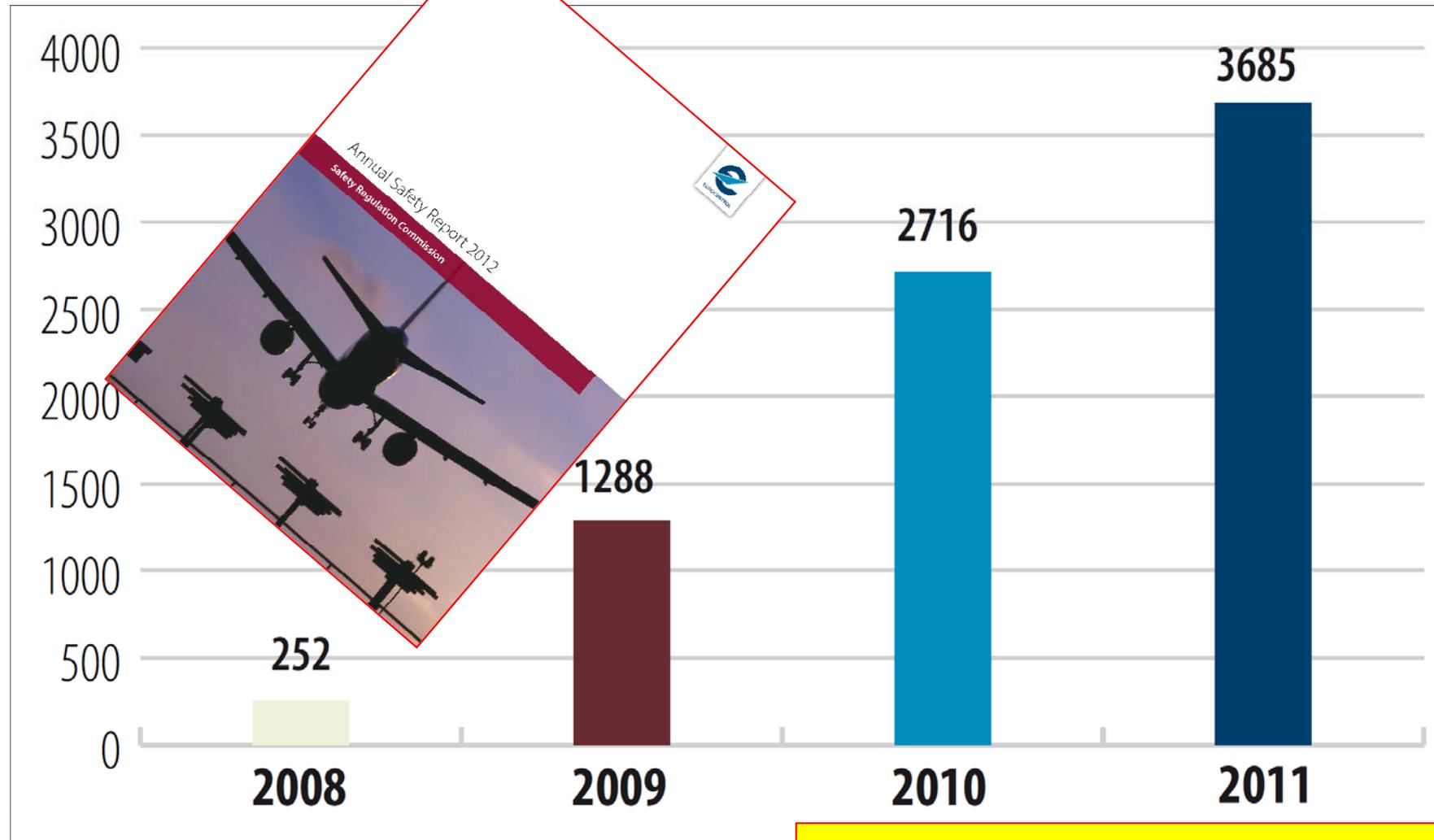
RTO TECHNICAL REPORT 16

Operational Colour Vision in the Modern Aviation Environment

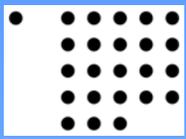
(la Vision des couleurs dans l'environnement aéronautique)



■ Laser interferences reports by Member States via the **AST** (Annual Summary Templates) mechanism



SRC Annual safety report 2012



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!