

Gefaltete anamorphotische Einzelprismen und farbkorrigierte Prismensysteme

Eckhard Langenbach

<mailto:eckhard.langenbach@sunrise.ch>

Als Alternative zu anamorphotischen Prismenpaaren werden anamorphotische Strahlteiler mit einem anamorphotischen Einzelprisma vorgestellt, die die Größe des reflektierten Strahls in einer Richtung verändern können. Außerdem werden drei verschiedene, farbquerfehlerfreie Prismensysteme vorgestellt. Ein System verwendet Kron- und Flintgläser, die anderen bestehen aus nur einer Glasart.

1 Einleitung

Anamorphotische Prismen verändern die Ausdehnung einfallender Strahlbündel in einer Ebene und werden deshalb häufig verwendet, um elliptische in kreisrunde Strahlbündel umzuformen. Üblich ist die Verwendung von Paaren gleicher Prismen, die die Strahlumformung in zwei Schritten vornehmen und deren Strahlableitungen sich kompensieren. Das Ausgangsstrahlbündel ist aber gegenüber dem Eingangsstrahlbündel seitlich versetzt (Abb. 1).

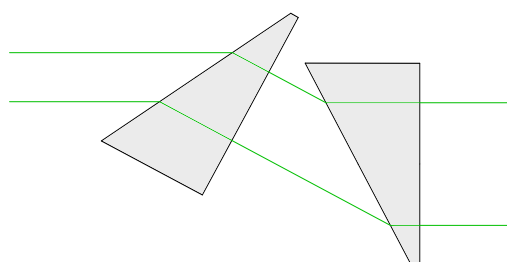


Abbildung 1 Anamorphotisches Prismenpaar

Da die Étendue des Strahlbündels bei der Umformung erhalten bleibt, gehört zu einem vergrößerten Strahldurchmesser ein entsprechend reduzierter Feldwinkel und umgekehrt. Anamorphotische Prismen verhalten sich also wie Fernrohre.

2 Anamorphotisches Strahlteilerprisma

Anamorphotische Einzelprismen kann man mit spiegelnden Prismenflächen ergänzen und dadurch den Ablenkwinkel und die Vergrößerung freier wählen. Ersetzt man die Spiegel- durch eine Farbteilerschicht und ergänzt für das transmittierte Licht ein Gegenprisma, dann erhält man einen spektralen Farbteiler, bei dem die Breite des reflektierten Strahlbündels angepasst werden kann (Abb. 2). Anwenden lassen sich solche anamorphotischen Strahlteiler in Systemen, die verschiedenfarbige Strahlbündel zusammenführen. Bei reduziertem Platzbedarf ermöglichen sie – anders als ein gemeinsames Prismenpaar – für jede Farbe einen individuellen Aufweitefaktor.

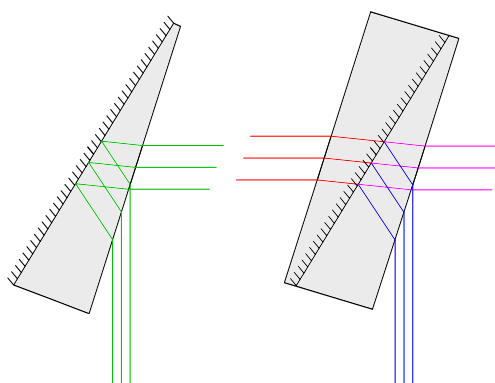


Abbildung 2 Gefaltetes Einzelprisma und anamorphotischer Strahlteiler

3 Farbkorrigierte Prismensysteme

3.1 Prismenpaare aus verschiedenen Glasarten

Bereits im Schnittbild eines anamorphotischen Prismenpaares in Abbildung 3 ist deutlich erkennbar, dass die Vergrößerung und die Ausgangsstrahlrichtung von der Wellenlänge des Lichts abhängen.

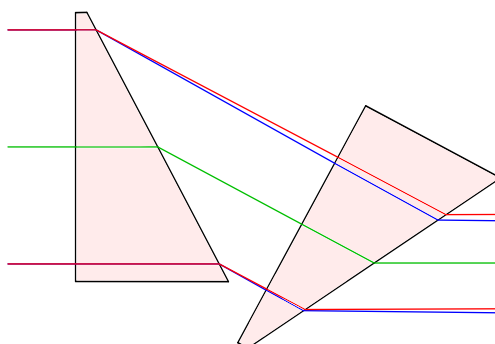


Abbildung 3 Prismenpaar aus Flintglas mit Farbfehler

Beide Einzelprismen bestehen aus dem gleichen hochbrechenden Flintglas und haben die Fernrohrvergrößerung $\Gamma = \sqrt{2.5}$. Die Gesamtvergrößerung des Prismenpaares beträgt dann $\Gamma^2 = 2.5$, und der Strahlquerschnitt wird in einer Richtung auf 40% reduziert. Die Farbquerfehler – d. h. die Wellenlängen-

genabhängigkeit der Ausgangsstrahlrichtung – der Einzelprismen haben den gleichen Betrag und verschiedene Vorzeichen, aber sie kompensieren sich nicht, weil der Farbfehler des ersten Prismas vom zweiten um den Faktor Γ vergrößert wird. Verwendet man für das erste Prisma ein passendes Kronglas mit reduzierter Dispersion, dann kompensiert der größere Farbfehler des zweiten Prismas den vergrößerten Farbfehler des ersten. Die Abbildung 4 zeigt ein solches Prismenpaar, und die Abbildung 5 vergleicht für beide Prismenpaare die Abhängigkeit der Ausgangsstrahlrichtung ϕ als Funktion der Wellenlänge λ . Der ursprüngliche Farbfehler 40 mrad wird auf einen sekundären Restfehler 1 mrad reduziert.

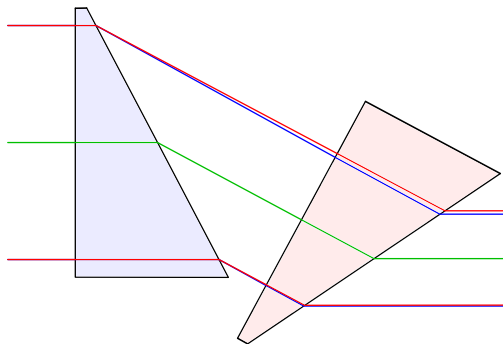


Abbildung 4 Farbkorrigiertes Prismenpaar aus einem Kronglas- (blau) und einem Flintglasprisma (rot)

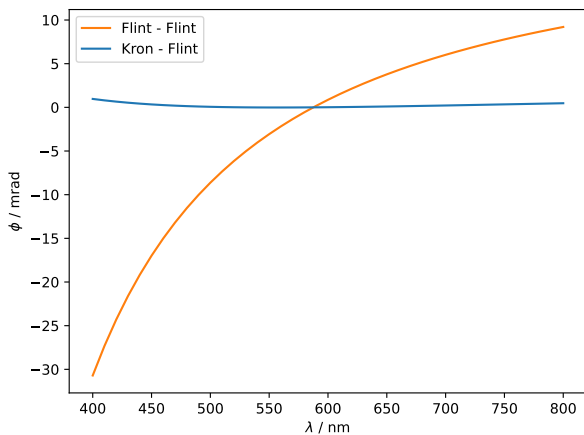


Abbildung 5 Wellenlängenabhängigkeit der Ausgangsstrahlrichtung $\phi(\lambda)$

3.2 Prismensysteme aus einer Glasart

Der Farbfehler eines Einzelprismas ist eine ungerade und die Fernrohrvergrößerung eine gerade Funktion des Ablenkwinkels. Dadurch lassen sich Prismenpaare aus einer Glasart mit der Gesamtvergrößerung $\Gamma = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2$ finden, bei denen der primäre Farbquerfehler korrigiert ist. Abbildung 6 zeigt ein solches Prisma mit $\Gamma = 2$. Da die Einzelprismen unterschiedlich große Ablenkwinkel haben, ist das Prismenpaar nicht mehr geradsichtig, sondern der Gesamtablenkwinkel $\phi = \phi_1 + \phi_2$ beträgt beim ak-

tuellen Beispiel knapp 8° . Der sekundäre Restfarbfehler $\Delta\phi$ liegt bei wenigen 0.1 mrad (Abb. 7). Da die Ausgangsstrahlrichtung $\phi(n)$ nur minimal von der Brechzahl $n(\lambda, T, p)$ abhängt, bleibt sie nicht nur bei Wellenlängenänderungen stabil, sondern auch die Temperatur T oder der Luftdruck p haben kaum Einfluss auf die Strahlrichtung.

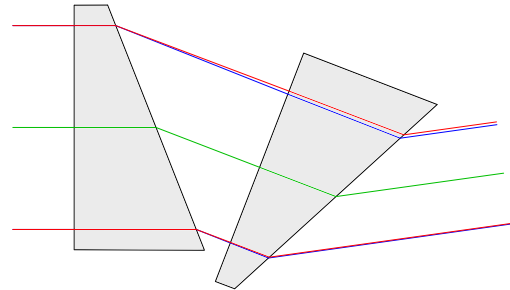


Abbildung 6 Farbkorrigiertes Prismenpaar aus einer Glasart mit $\Gamma = 2$

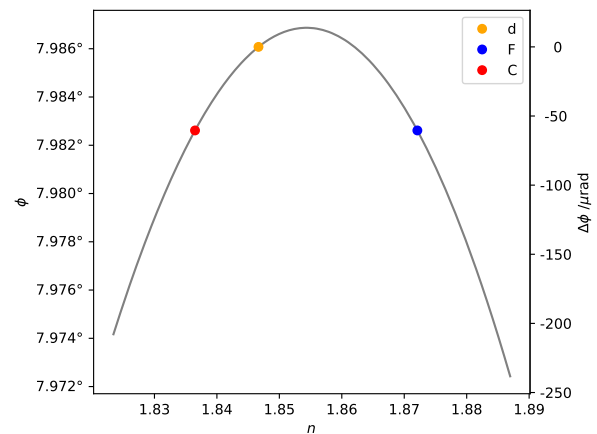


Abbildung 7 $\phi(n)$ des Prismenpaares aus einer Glasart

Ergänzt man ein drittes Prisma aus der gleichen Glasart, erhält man ein geradsichtiges System. Durch Anpassen der Prismenabstände lässt sich sogar der seitliche Strahlversatz vermeiden. Die Abbildung 8 zeigt ein solches Prismentripel mit $\Gamma = 2$.

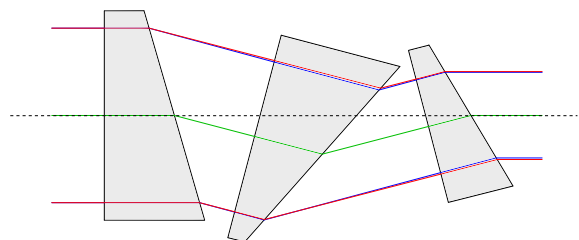


Abbildung 8 Geradsichtiges, farbkorrigiertes Prismentripel aus einer Glasart mit $\Gamma = 2$

Der Gesamtablenkwinkel liegt jetzt bei $\phi \approx 0$. Der Verlauf des Restfarbfehlers $\Delta\phi(n)$ sinkt im Vergleich zum Prismenpaar auf ein Vierzigstel und beträgt nur noch wenige μ rad.