

Entfernungsbereich, in dem der Betrachter auf ein Objekt fokussieren kann. Es existiert eine minimale Entfernung des Objekts, bei der gerade noch auf das virtuelle Bild akkommodiert werden kann – darunter wäre das Bild so nah, dass das Auge nur noch unscharf sieht. Wir werden in Abschnitt 5.4, in dem es um die Akkommodationsbreite des Auges geht, auf diesen Punkt zurückkommen, können an dieser Stelle aber bereits festhalten, dass die Schärfentiefe mit dem reziproken Quadrat der Vergrößerung skaliert<sup>6</sup>. Aus diesem Grunde nimmt diese Schärfentiefe sehr schnell mit der Vergrößerung ab, sodass etwa ein Fernglas mit 7x Vergrößerung eine um den Faktor  $(10/7)^2 = 2.0$  größere Schärfentiefe aufweist als ein Fernglas der Vergrößerung 10x.

Es ist in den Internet-Foren wiederholt die Behauptung aufgestellt worden, die Schärfentiefe des Fernglases könne durch seine optische Konstruktion beeinflusst oder optimiert werden. Das ist nicht der Fall: Eine Modifikation der Objektivbrennweite erfordert eine entsprechende Modifikation der Okularbrennweite, um die angestrebte Vergrößerung zu erzielen, und die Gleichung 2.18 bleibt dabei unverändert. Besteht stattdessen vielleicht die Möglichkeit einer besonderen Objektiv- oder Okularonstruktion, mit der die Schärfentiefe modifiziert werden könnte? Auch das nicht: Die Abbildung 2.4 enthält die genauen Positionen der jeweiligen Hauptebenen (blau), die von dem spezifischen Design der jeweiligen Baugruppen abhängen. Eine Variation der Konstruktion von Okular oder Objektiv würde die Lagen dieser Hauptebenen verändern – letztere gehen in die Gleichung 2.18 jedoch gar nicht ein, und haben daher auch keinen Einfluss auf die Lage des virtuellen Bildes<sup>7</sup>.

In der Beobachtungspraxis kann die Bildfeldwöl-

<sup>6</sup>Später werden wir als weiteren Faktor die effektive Pupillenöffnung erhalten, also die Weite des in das Auge eintretenden Lichtbündels

<sup>7</sup>Der Autor bedankt sich bei Herrn Volker Tautz für diese Beweisführung

bung (Abschnitt 1.7.3) unter Umständen eine vergrößerte Schärfentiefe suggerieren, weil Objekte im Nahbereich, die im Bildfeldzentrum bereits unscharf wären, im unteren Randbereich des Sehfeldes noch scharf erscheinen. Ein Landschaftsmotiv kann dann Objekte im Hintergrund (Bildmitte) und gleichzeitig auch im Vordergrund (unterer Bildrand) mehr oder weniger gleichzeitig scharf erscheinen lassen. Ein solcher durch die Bildfeldwölbung hervorgerufener »Gleitsichtbrillen-Effekt«<sup>8</sup> kann durchaus seinen Nutzen haben, ist jedoch als Nebeneffekt eines Abbildungsfehlers und nicht als echte Schärfentiefe zu interpretieren. Es existiert ferner ein (in der Praxis meist vernachlässigbarer) Einfluss der Baulänge des Fernrohrs: Die Entfernung des virtuellen Bildes wird von der Austrittspupille aus gemessen, die des Objekts von der bildseitigen Hauptebene des Objektivs. Bezieht man beide Entfernungen auf die Austrittspupille, so geht die Baulänge des Fernrohrs mit in die Rechnung ein – anders als in der Makrofotografie ist diese jedoch in nahezu allen Fällen vernachlässigbar gegen den Objektabstand, und darf für eine Abschätzung der Schärfentiefe in der Beobachtungspraxis ignoriert werden.

Offen bleibt die Frage, welcher Entfernungsbereich scharf erscheint, falls das Fernrohr auf eine endliche Entfernung fokussiert wird. Diesem Problem werden wir uns in Abschnitt 7.8 zuwenden.

## 2.4. Wellenoptik

### 2.4.1. Huygensches Prinzip

Alle bisherigen Herleitungen zu den Abbildungseigenschaften optischer Systeme basierten auf der Näherung der geometrischen Optik, in der die Welleneigenschaften des Lichts vernachlässigt wurden und daher der Strahlenverlauf über das Brechungsgesetz berechnet werden konnte. Diese Näherung

<sup>8</sup>Nach Vorschlag von Börries v. Breitenbuch