

Was sind virtuelle Bilder? – Zur didaktischen Bedeutung der Diskrepanz zwischen Wahrnehmung und Konstrukt

Heinz Muckenfuß

Zentrum für Schulentwicklung, Pädagogische Hochschule Weingarten
88250 Weingarten

[mailto: muckenfuss@ph-weingarten.de](mailto:muckenfuss@ph-weingarten.de)

In vielen Standardsituationen entspricht der beobachtete Bildort für virtuelle Bilder nicht der Bildlage, die sich aus der strahlenoptischen Konstruktion ergibt. Dieser Widerspruch wird anhand einfacher Experimente beschrieben. Didaktischen Konsequenzen werden implizit skizziert.

1 Erläuterung des Problems



Abb. 1 Spiegelbilder am ebenen Spiegel sind nur halb so groß wie das Original

Den in Abb. 1 dargestellten Sachverhalt kann jeder leicht überprüfen, indem er sich vor einen Spiegel stellt und mit ausgestrecktem Arm die Umrisse seines Kopfes nachfährt. Das „Portrait“ fällt in jedem Fall überraschend klein aus. Wir nehmen die Spiegelbilder am ebenen Spiegel normalerweise aber nicht als verkleinert wahr, sondern ordnen ihnen stattdessen unbewusst eine Entfernung im virtuellen Bildraum zu, die so groß ist wie der Abstand des Objektes zur Spiegelebene im realen Raum. Welche Mechanismen in unserem Wahrnehmungsapparat sorgen dafür, dass unser Bewusstsein die Verkleinerung des Bildes ignoriert und stattdessen den Entfernungseindruck anpasst? – Die Frage ist u. A. von Bedeutung, weil das Wahrnehmungsschema nur beim ebenen Spiegel das gleiche Ergebnis liefert wie die mathematische Bildkonstruktion oder messtechnische Geräte. In vermutlich allen anderen Fällen stimmen die wahrgenommenen und formal konstruierten bzw. berechneten Bildorte nicht überein. Im Folgenden wird dies am Beispiel des ebenen und erhabenen Spiegels dargestellt.

2 Entfernungseindruck am ebenen Spiegel

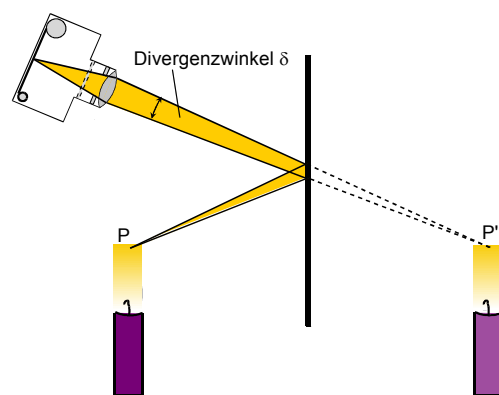


Abb. 2 Messtechnisch bestimmt der Divergenzwinkel die Entfernung des virtuellen Bildes

Misst man die Entfernung des Spiegelbildes am ebenen Spiegel mit z. B. mit einer Spiegelreflexkamera, so erhalten wir das erwartete Ergebnis, das sich auch mathematisch aus der Anwendung des Reflexionsgesetzes ergibt: die virtuelle Bildweite ist so groß wie die Gegenstandsweite (Abb. 2). Beim Fotoapparat fungiert der Divergenzwinkel des ins Objektiv fallenden Lichtbündels als Parameter für die Entfernungsangabe. Wenn dieser Winkel sehr klein wird, wird auch die Entfernungsauflösung schlechter.

Die sich aus Abb. 1 ergebende Erklärung der Bildlage, nämlich dass sich der Bildort aus der rückwärtigen Verlängerung der Randstrahlen des einfallenden Lichtbündels ergibt, darf nicht ohne weiteres auf den Sehvorgang angewendet werden. Bereits bei Lichtwegen ab ca. 1,5 m sind die Lichtbündel, die durch die Pupille fallen, so schlank und damit die Schärfentiefe des Netzhautbildes so groß, dass die Akkommodation keinen zuverlässigen Entfernungseindruck mehr liefert. (Sie kennen das von dem misslingenden Versuch, einen Faden ins Nadelöhr zu führen, während man ein Auge geschlossen hält.) Der Konvergenzwinkel zwischen den beiden Augachsen wäre ein weitaus zuverlässigerer Entfernungsparameter als die Zili-

armuskelstellung. Es lässt sich aber mit physiologischen Versuchen zeigen, dass bei der Entfernungswahrnehmung beide so genannten okulomotorischen Faktoren, die Akkommodation der Augenlinse und die Konvergenz der Augachsen gekoppelt sind. Wird eines von beiden Signalen unzuverlässig, ignoriert das Gehirn auch das andere.

Es gibt eine Vielzahl weiterer Faktoren, die dem Wahrnehmungsapparat zur Konstruktion eines Entfernungseindrucks dienen können. Der wichtigste davon ist der Sehwinkel bzw. die Größe des Netzhautbildes. Er ist auch für die weiteren Betrachtungen von Interesse (Abb. 3).

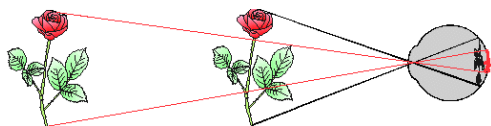


Abb. 3 Sehwinkel und Größe des Netzhautbildes

Die Gesetze der Perspektive besagen – angewendet auf das Netzhautbild –, dass etwas umso kleiner aussieht, je weiter es entfernt ist. Oder mathematisch ausgedrückt: Das Produkt aus Bildgröße und Entfernung ist konstant. Bei der Wahrnehmung muss unser Gehirn allerdings entscheiden, wie es diesen Zusammenhang interpretiert. Denn es gibt beliebig viele Kombinationen zwischen Bildgröße und Entfernung, die das Gesetz der Perspektive erfüllen. Bei Gegenständen, mit deren Größe wir hinreichend vertraut sind, schließen wir von der Größe des Netzhautbildes auf ihre Entfernung. Bei Gegenständen, über die wir hinsichtlich ihrer absoluten Größe keine Erfahrung haben, wird der zugeordnete Entfernungs- oder Größeneindruck ziemlich willkürlich. So können wir phänomenologisch zur absoluten Größe des Mondes oder der Sonne keine Aussage machen, weil beide Netzhautbilder gleich groß sind. Wir sind daher auch nicht in der Lage, die unterschiedlichen Entfernungen beider Himmelskörper auf einfache Weise wahrzunehmen.

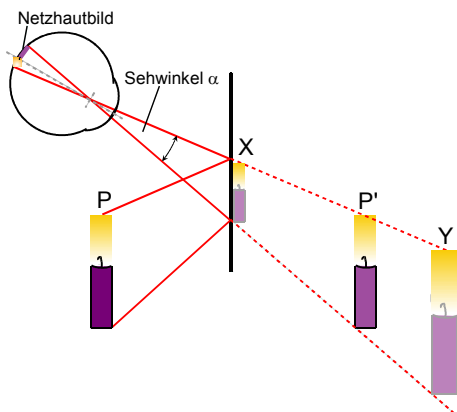


Abb. 4 Die vertraute Größe des Gegenstandes entscheidet darüber, ob wir das Bild von P in X, Y oder P' sehen

Die Erklärung für die wahrgenommene Bildlage ist demnach nicht identisch mit derjenigen für Messungen. Wir sehen das Bild am ebenen Spiegel in einem bestimmten Abstand hinter dem Spiegel, weil gerade dort die Größe des Netzhautbildes mit dem Erfahrungswert übereinstimmt (Abb. 4).

3 Die Diskrepanz zwischen Wahrnehmung und Konstrukt.

Der geschilderte Wahrnehmungsmechanismus führt bei virtuellen Bildern zu Diskrepanzen zwischen Entfernungs- oder Größeneindruck und Bildkonstruktion. Für den erhabenen Spiegel ist dies in Abb. 5 dargestellt:

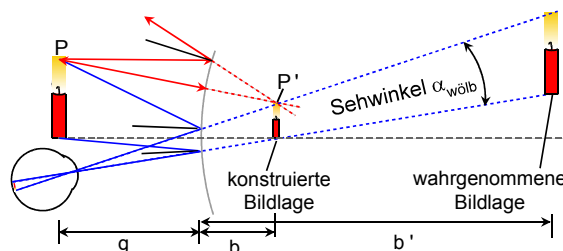


Abb. 5 Sehwinkel und Größe des Netzhautbildes

Der Wölbspiegel vergrößert den Divergenzwinkel. Entsprechend liefert die mathematische Konstruktion eine verkleinerte Bildweite und -größe. Der Sehwinkel wird ebenfalls verkleinert. Das entsprechend kleinere Netzhautbild führt dazu, dass wir die Gegenstände als in die Ferne gerückt wahrnehmen, obwohl der mathematische Bildort sogar näher an der Spiegelfläche liegt als beim ebenen Spiegel. (Man erfährt dies bei gewölbten Rückspiegeln: Über die Entfernung des rückwärtigen Verkehrs kann man sich gefährlich täuschen.)

Beim Hohlspiegel entsprechen die Wahrnehmungseindrücke denjenigen des Wölbspiegels, nur dass die Sehwinkelvergrößerung ein Heranrücken des Bildes suggeriert, während das mathematisch konstruierte Bild in größerer Entfernung liegt. Analoges gilt für das Lupenbild, bei dem die Konstruktion eine große Bildweite ergibt, während der Beobachter eher geneigt ist zu glauben, dass das Instrument den Gegenstand „heranholt“.

Bei der optischen Hebung, z. B. bei der scheinbar angehobenen Münze in der Tasse oder der gekrümmten Rückwand eines Aquariums liegen die Verhältnisse komplizierter. Sowohl der Konvergenzwinkel als auch der Sehwinkel tragen zu den Effekten bei. Die – bei kleinen Entfernungen untergeordnete – Rolle des Sehwinkels ist wird deutlich, wenn man beim Beobachten ein Auge schließt.

Was also sind die virtuellen Bilder – die mathematischen Konstrukte oder die geistigen Artefakte? Konstruierte virtuelle Bilder haben jedenfalls einen merkwürdigen Status, weil sie nichts erklären.