

weniger als 9 m - man tritt ihm fast auf die Füße, bevor es erkennbar wird! Das Kaninchen ist, obwohl wesentlich kleiner, bis auf 20 m Entfernung sichtbar. In der Dämmerung kommt es bei einer Umgebungsleuchtdichte von 0.05 cd/m^2 zu einem Wendepunkt, an dem Kaninchen und Wildschwein bei 200 m Entfernung gleich gut erkennbar sind. Fortan ist das größere Schwein mit zunehmender Helligkeit aus einer größeren Distanz sichtbar als das Kaninchen, das am Tage ab einer Entfernung von 500 m mit dem Auge zwar nicht mehr auflösbar, aber dennoch als winziger weißer Punkt bis zu Entfernungen nahe 2 km wahrnehmbar bleibt.

Interessant ist auch das Verhalten von selbstleuchtenden Objekten: Betrachten wir eine Kerzenflamme, deren Durchmesser etwa 1 cm beträgt, deren Oberfläche grob $\pi \text{ cm}^2$ und deren Leuchtstärke 1 cd. Die Oberflächenleuchtdichte erhalten wir dann zu $\pi^{-1} \text{ cd/cm}^2 = 10^4 \pi^{-1} \text{ cd/m}^2$. Da die Leuchtdichte der Flamme von der Umgebungshelligkeit unabhängig ist, wird deren Kontrast zum Waldrand eine Funktion der Tageszeit: Am hellen Tage hat der Wald (Albedo 0.1) eine Leuchtdichte von 1000 cd/m^2 , und der Kontrast der Kerzenflamme beträgt lediglich $K \approx 2.2$, erreicht in der Nacht (Leuchtdichte des Waldes in diesem Beispiel: $3.2 \times 10^{-5} \text{ cd/m}^2$) jedoch beachtliche $K \approx 10^8$. Das Wahrnehmungsgesetz berechnet aus diesen Kenndaten eine Sichtbarkeit der nächtlichen Kerzenflamme bis jenseits von 7 km, während dieselbe Flamme am Tage nur noch aus maximal 90 m Entfernung zu orten ist (Abbildung 6.4). Wem die Sichtung einer Kerze aus 7 km Entfernung allzu abenteuerlich erscheint, dem sei versichert, dass es sich hier mitnichten um eine Fehleinschätzung handelt: Jeder Soldat lernt, dass in tiefer Finsternis eine glimmende Zigarette gar über Entfernungen von bis zu 15 km gesichtet werden kann, und bedient sich der Technik, den Glimmstengel des Nachts in seiner hohlen Hand zu verbergen.

Das Wahrnehmungsgesetz ist auch in Kombinati-

on mit einem Fernrohr oder Fernglas anwendbar und dient dann der Berechnung der Fernrohrleistung, der wir uns in Abschnitt 7.4 zuwenden werden. Es existieren auch modernere und komplexere Wahrnehmungsgesetze, die weitere Elemente wie etwa die Sichtungsdauer oder die scheinbare Geschwindigkeit eines Zieles mit berücksichtigen – Faktoren, die für militärische Anwendungen von Relevanz sind. Der interessierte Leser sei hier an die Spezialliteratur verwiesen⁵.

6.2. Farbwahrnehmung

Jeder Ornithologe wird auf die enorme Bedeutung der Farbwahrnehmung für die sichere Bestimmung mancher Vogelarten hinweisen. Farbtreue einer Optik und die Fähigkeit zur Farbdifferenzierung gelten unter Naturforschern als unverzichtbare Voraussetzung für ein akkurates Klassifizieren der belebten Natur. Dabei dient das Farbempfinden als ein klassisches Beispiel für die Komplexität der Datenverarbeitung bei der visuellen Wahrnehmung. Weil es auf einen trichromatischen Mechanismus (drei Zapfenarten) basiert, ist das Empfinden einer bestimmten Farbe nicht zwingend mit einer physikalischen Wellenlänge verbunden – der Farbeindruck »grün« kann von monochromatischem Licht der Wellenlänge 550 nm ebenso hervorgerufen werden wie von einer Lichtquelle mit breitem Farbspektrum, dessen Rotanteil unterdrückt wurde. Umgekehrt darf der Eindruck einer farbneutralen Beleuchtung keinesfalls zu dem Schluss führen, das Licht sei aus einem kontinuierlichen Spektrum zusammengesetzt. Leuchtstoffröhren liefern ein diskontinuierliches Spektrum einzelner Linien, die erst durch additive Farbmischung den Eindruck einer farbneutralen Lichtquelle erzeugen.

⁵R.M. Matchko and G.R. Gerhart, *ABCs of Foveal Vision*, Optical Engineering 40, p. 2735 (2001)