

Abb. 4 (a). Erklärung des Regenbogenwinkels an einem einzelnen Tropfen (nach [1]), (b) Ablenkungswinkel eines Wassertropfens als Funktion des Einfallswinkels. Die Lichtverstärkung kommt durch das flache Minimum zustande.

parameter“. Beide Beschreibungen sind äquivalent. Abbildung 4b zeigt die graphische Lösung des Problems („Minimalwinkel von Regenbogen und Nebensonne“, Seite 108). Für  $n_{\text{Wasser}} = 1,33$  sinkt der Ablenkungswinkel bei steigendem Einfallswinkel von den  $180^\circ$  des Strahls (1) bis zu einem Winkel von etwa  $138^\circ$  bei Strahl (7). Bei größeren Einfallswinkeln steigt der Ablenkungswinkel wieder. Insgesamt durchläuft der Ablenkungswinkel ein sehr flaches Minimum. Abbildung 4b beinhaltet die Erklärung der Lichtverstärkung bei einem Winkel um  $138^\circ$ . Die zentrale Frage ist, wieviele Lichtstrahlen in einen bestimmten Winkelbereich abgelenkt werden. Die Antwort lautet: viele Strahlen in der Nähe von Strahl (7) tragen zum ungefähr gleichen Ablenkungswinkel von  $138 \pm 1^\circ$  bei, während ein Ablenkungswinkel von  $148 \pm 1^\circ$  nur von vergleichsweise wenigen Lichtstrahlen erzeugt wird (schraffiert in Abbildung 4b). Das bedeutet, daß bei  $138^\circ$  eine Lichtverstärkung auftritt im Vergleich zu anderen Ablenkungswinkeln. Ein einziger kugelförmiger Wassertropfen, welcher von parallelem Licht beleuchtet wird, emittiert demzufolge bevorzugt in einen Kegelmantel, wobei der Öffnungswinkel  $42^\circ (= 180^\circ - 138^\circ)$  beträgt. Dies ist, abgesehen von Beugungseffekten, unabhängig von der Größe des Tropfens.

Abbildung 5 zeigt das Entstehen des Regenbogens durch sehr viele Wassertropfen in einem von der Sonne beschienenen Regenschauer. Ein Beobachter mit dem Rücken zur Sonne blickt auf die Regentropfen, von denen jeder einzelne verstärkt in einen Kegelmantel emittiert. Dies wird vom Beobachter gesehen, falls er genau in Richtung des Mantels blickt. Sind sehr viele Tropfen vorhanden, wird es in jeder Richtung gerade passende Tropfen geben, deren lichtverstärkender Kegelmantel genau auf den Beobachter weist. Folglich sieht ein Beobachter einen Kreisabschnitt, wobei

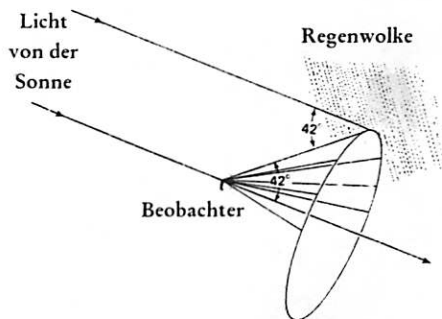


Abb. 5. Entstehung des Regenbogens

der Öffnungswinkel gerade die  $42^\circ$ . Hier wird auch klar, daß die Höhe des Regenbogens über dem Horizont vom Sonnenstand abhängt: je tiefer die Sonne, desto höher der Bogen. Auf der Erde kann man vom Horizont maximal einen Halbbogen sehen, es ist aber möglich, von einem Flugzeug unter geeigneten Bedingungen einen Vollkreis zu sehen.

Aufgrund dieser Erklärung ist klar, daß nebeneinanderstehende Beobachter, die den Regenbogen sehen, jeweils Licht von verschiedenen Tropfen sehen, da es eine Winkeldifferenz von einem Tropfen zum nächsten gibt. Sobald diese die Breite des lichtverstärkten Bereichs überschreiten, sieht ein zweiter Beobachter vom selben Ort aus keine Lichtverstärkung sehen, wohl aber die benachbarten Tropfen. Insofern sieht ein Beobachter seinen eigenen individuellen Regenbogen.

Die Dispersion des Brechungsindex des Wassers bewirkt im Zusammenspiel mit der internen Reflexion Ablenkungswinkel  $\delta(400 \text{ nm}) = 139,4^\circ$  und  $\delta(650 \text{ nm}) = 137,4^\circ$ . Das heißt, die Dispersion bewirkt eine Winkeldifferenz von etwa  $1,7^\circ$  ( $3\frac{1}{2}$  fach so groß wie die Winkeldifferenz zwischen zwei Tropfen).