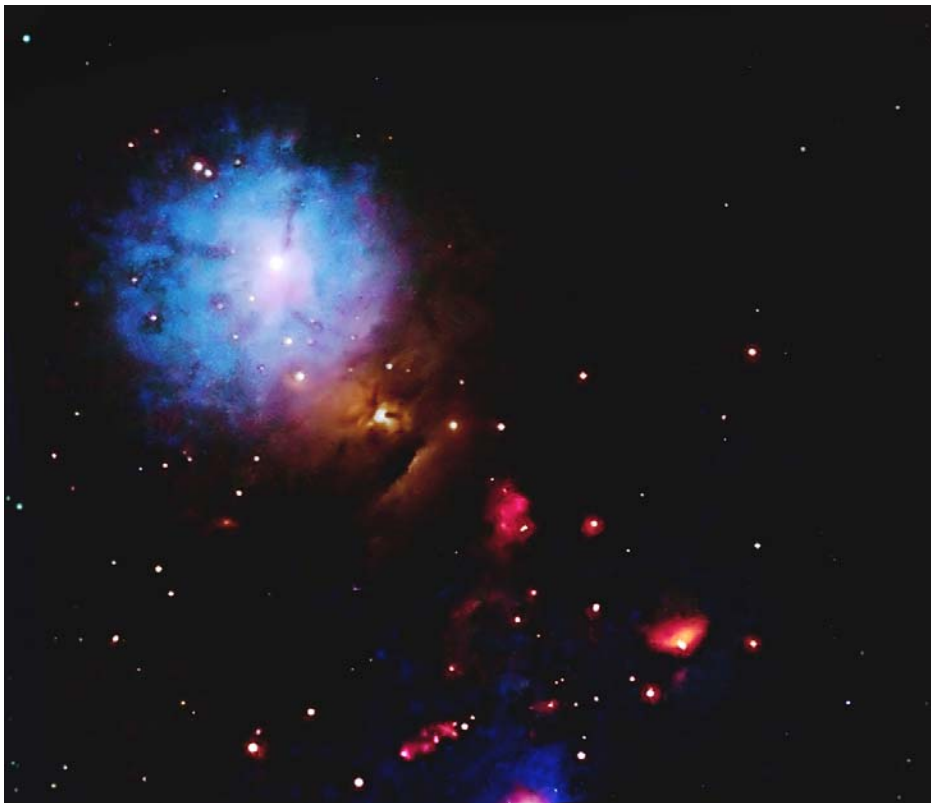


1. Feuerwerk am Nachthimmel

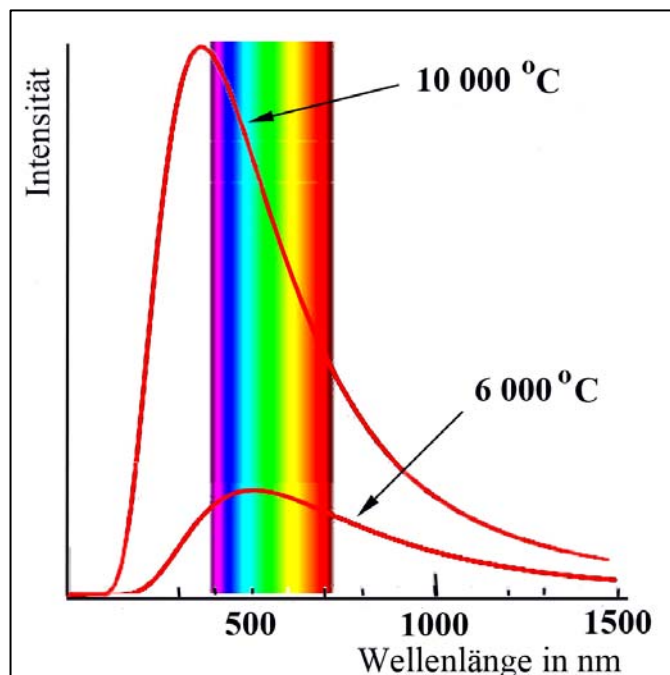
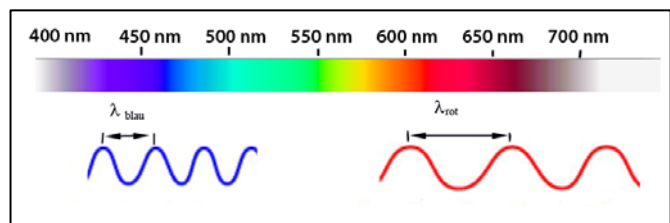


Nebenstehend ist die Aufnahme von NGC 1333 im Sternbild Perseus zu sehen. Das Bild ähnelt einem Feuerwerk und zeigt unterschiedliche Erscheinungen wie u. a. Reflexions- und Emissionsnebel. In den nachfolgenden Kapiteln werden diese Phänomene näher beschrieben und erklärt. Der Reflexionsnebel auf diesem Foto erscheint blau. Die Ursache dafür ist physikalisch die gleiche, wie die Erscheinung des blauen Himmels am Tage auf der Erde.

2. Licht der Sterne

Ursache für die leuchtenden Erscheinungen an NGC 1333 und für die blaue Farbe des Tageshimmels auf der Erde ist das Licht der Sterne bzw. Sonne. Wir betrachten dazu die Welleneigenschaften des Lichtes. Der sichtbare Bereich liegt bei elektromagnetischen Wellen zwischen Wellenlängen von 400 nm bis 700 nm, wobei ein nm gleich $1/1\,000\,000\,000$ m ist.

Das blaue Licht hat kürzere Wellenlängen als das rote. **Die Sterne strahlen in allen Farben** von Rot bis zum Violetten, weswegen man das Spektrum dann als kontinuierlich bezeichnet. Entsprechend nebenstehendem Bild gibt es Unterschiede bei Sternen mit verschiedenen Oberflächentemperaturen. Sehr heiße Sterne (z. B. von $10\,000\text{ °C}$ bis $30\,000\text{ °C}$) strahlen mehr im blauen und violetten Bereich, Sterne wie unsere Sonne (6000 °C) maximal in etwa der Mitte des sichtbaren Spektrums und noch kältere Sterne mehr im roten Bereich. **Die Energie einzelner Lichtteilchen (Photonen) steigt mit abnehmender Wellenlänge.**

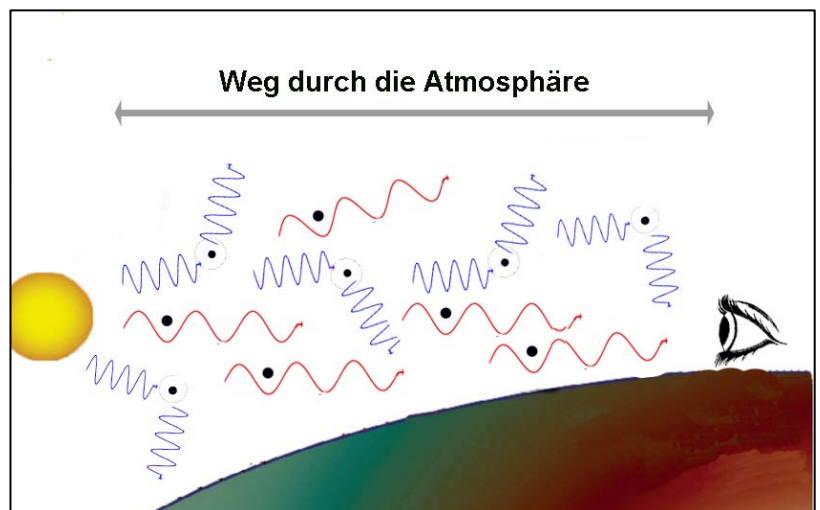
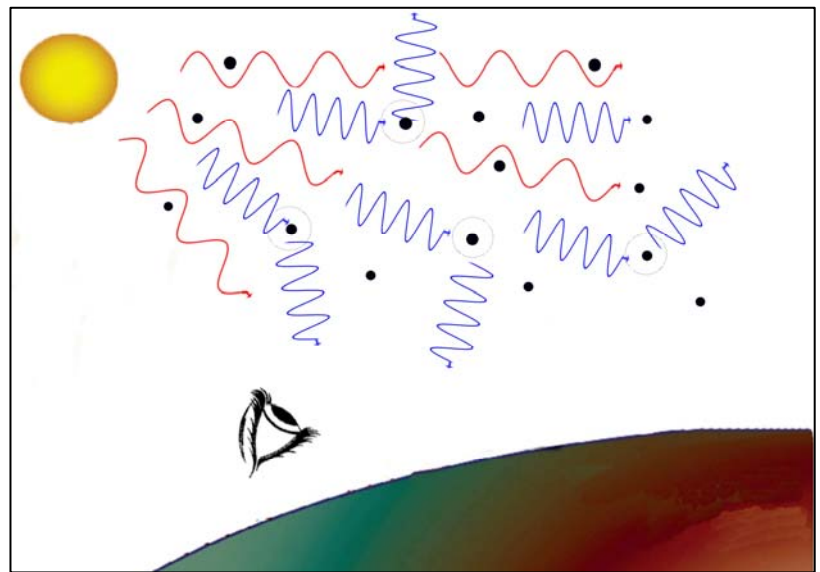


3. Reflexionsnebel



Sowohl bei den Plejaden (links) als auch beim blauen Himmel (rechts) ist die Ursache für die blaue Farbe die gleiche. Wir betrachten zunächst den blauen Himmel.

Das nebenstehende Bild zeigt die Atmosphäre der Erde, die Sonne und einen Beobachter, der zum Himmel schaut. Die schwarzen Punkte stellen die Luftmoleküle dar (O_2 und N_2), sie sind wesentlich kleiner als die Wellenlängen des Lichtes. Von den Lichtstrahlen der Sonne wurden aus Gründen der Übersicht nur rote und blaue dargestellt. **Aufgrund ihres physikalischen Verhaltens (Rayleigh-Streuung) wird das Licht mit den kürzeren Wellenlängen wie blau teilweise an den Luftmolekülen abgelenkt (gestreut), das Licht mit größeren Wellenlängen (rot) nicht.** Dadurch tritt verstärkt blaues Licht in das Auge des Beobachters, dagegen rotes nicht. Der Himmel erscheint für ihn blau. Anders ist es beim Morgen- oder Abendrot. Gemäß nebenstehender Zeichnung ist der Weg durch die Atmosphäre verhältnismäßig lang und für einen Beobachter, der in Richtung Sonne schaut, tritt vorrangig das rote Licht in das Auge, da das blaue Licht auf seinem Wege gestreut wird.



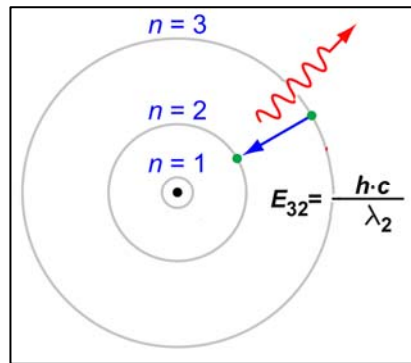
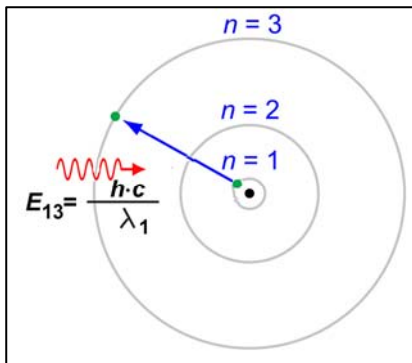
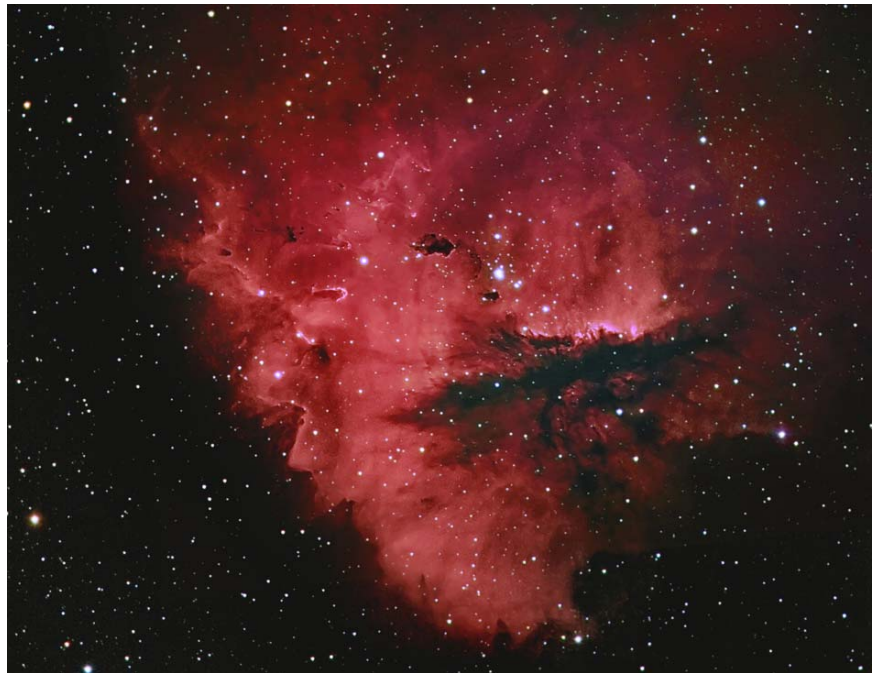
Diese Zusammenhänge gelten nur für den Fall, dass die streuenden Teilchen wesentlich kleiner als die Wellenlängen des Lichtes sind. Werden die Teilchen größer, dann wird auch längerwelligeres Licht gestreut.

Bei Reflexionsnebeln astronomischer Objekte sind die streuenden Teilchen winzige Staubteilchen von der Größenordnung 2 bis 5 nm.

Das blaue Licht von NGC 1333 und von den Plejaden ist auf diesen Effekt zurückzuführen.

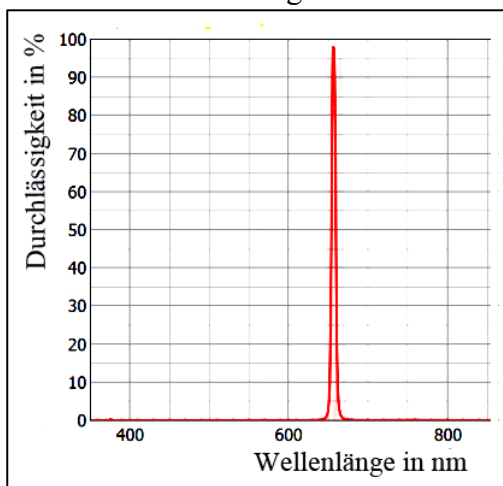
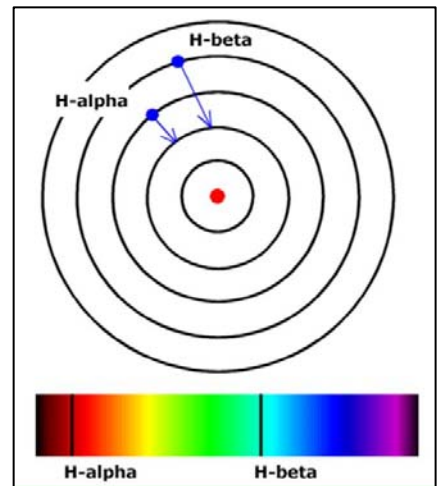
4. Emissionsnebel

Nebenstehendes Foto zeigt den Emissionsnebel NGC 281. Im Gegensatz zum Reflexionsnebel handelt es sich dabei um ein Nebel der selbst Licht ausstrahlt, allerdings nur in bestimmten Wellenlängen. Hier vorwiegend im roten Licht bei 656,28 nm. **Das strahlende Medium ist Wasserstoffgas;** die Wasserstoffatome werden von sehr heißen Sternen (vorwiegend O – Sterne) zum leuchten angeregt. Diese Gebiete werden aufgrund des angeregten Wasserstoffs auch als H – II Regionen bezeichnet.



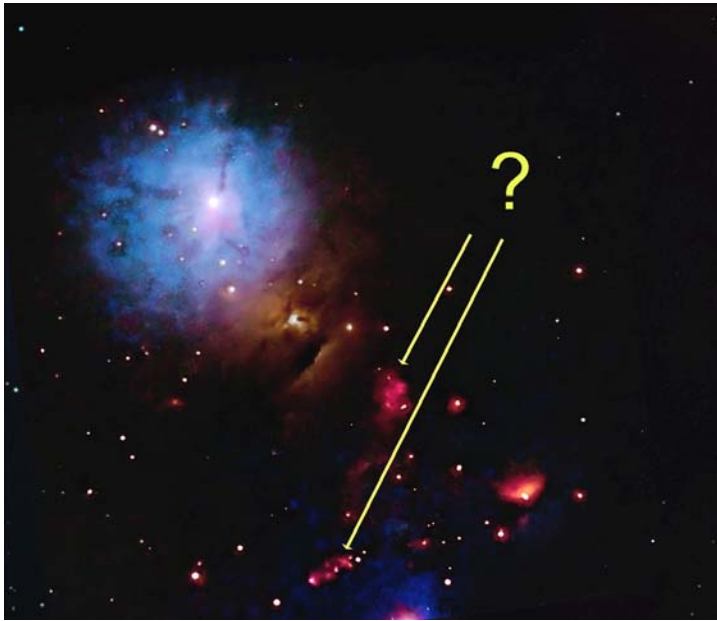
Elektron ist danach bestrebt, aus energetischen Gründen wieder die niedrigste Bahn dicht am Proton einzunehmen. Dabei kann es auch kurzzeitig in einem Zwischenschritt auf die zweite Bahn springen ($n = 2$). Schließlich landet es wieder bei $n = 1$. Im Bild oben rechts ist der Zwischenschritt auf Bahn 2 dargestellt, dabei sendet es Licht mit einer bestimmten Wellenlänge aus, in diesem Fall rot mit 656 nm Wellenlänge. Rechts die Übergänge, die im sichtbaren Bereich als rot (H-alpha) und blaugrün (H-beta) erscheinen. Die entsprechenden Farben sind im Spektrum unten durch die schwarzen Balken markiert. Die Intensität der H-alpha Linie ist im Vergleich zu den anderen Linien am größten. Um H – II Regionen bei

Links ist ein Wasserstoffatom veranschaulicht. Im Kern das positive Proton, auf der Schale das negative Elektron. Tritt ein Lichtstrahl eines heißen Sternes ein, der aufgrund seiner kurzen Wellenlänge ausreichende Energie hat, dann hebt er das Elektron auf eine höhere Bahn, hier auf die dritte ($n = 3$). Das



photografischen Aufnahmen besonders deutlich herauszustellen, werden bei den Aufnahmen u. a. H-alpha Filter eingesetzt. Sie lassen nur Licht mit der Wellenlänge von 656,28 nm durch wie es nebenstehendes Bild zeigt. Das Licht von handelsüblichen roten Lasern liegt übrigens im gleichen Wellenlängenbereich. Die Aufnahme oben vom Emissionsnebel NGC281 wurde neben den normalen Farbfiltern auch mit einem H-alpha Filter aufgenommen und mit den anderen Farben kombiniert.

5. Herbig-Haro-Objekte



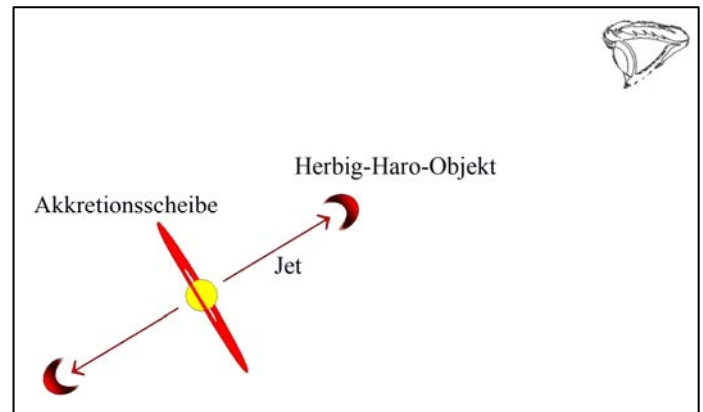
Auf dem Foto von NGC1333 sind neben dem blau leuchtenden Reflexionsnebel noch im H- alpha Bereich leuchtend rote mehr knotenförmige Nebel zu erkennen, bei denen es sich aufgrund ihrer Form und Größe nicht um typische H II – Regionen handeln kann. Solche Objekte sind seit Mitte des letzten Jahrhunderts bekannt und werden gemäß ihren Entdeckern Herbig – Haro – Objekte oder kurz HH – Objekte genannt. Erst wesentlich später nach der Entdeckung fand man heraus, welche Ursache diese Erscheinungen haben. Insbesondere NGC 1333 wurde diesbezüglich Anfang dieses Jahrhunderts näher untersucht und dazu wurden Aufnahmen im infraroten Bereich

des Spitzer - Weltraumteleskops herangezogen. Sie zeigten deutlich, dass Molekülwolken auf ein

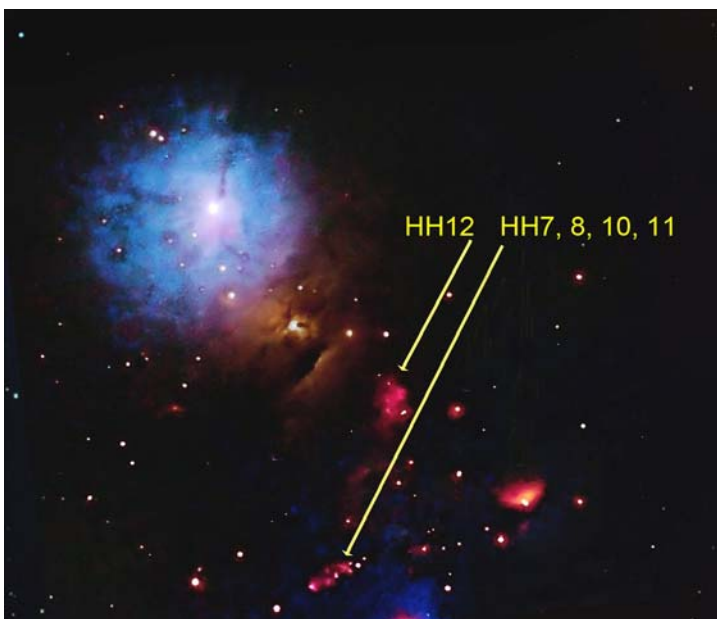
Sternentstehungsgebiet hindeuten. Damit lässt sich das Aussehen der **HH-Objekte** erklären.

Sie entstehen durch Gasausströmungen an den Polen von Protosternen, sogenannten Jets.

Protosterne sind Vorläufer von Sternen, bei denen bereits riesige Molekülwolken durch Gravitation zu einer Kugel kollabiert sind, aber noch keine Kernfusion stattfindet. Der Protostern nimmt weiterhin Masse von der rotierenden Akkretionsscheibe auf, wodurch u. a. aufgrund der Erhaltung des Drehimpulses die Jets ausgelöst werden.



Dabei strömt das Gas mit mehr als 100 km/s aus den Polen. Wenn es auf Staubwolken trifft steigen



die Temperaturen auf über 10 000 Grad, das Gas wird ionisiert und strahlt u. a. im H-alpha Bereich. Blickt man wie im obenstehenden Bild in Polrichtung, dann erscheinen einem die H-alpha Zonen wie rote Kappen oder Knoten. Die Herbig – Haro – Objekte wurden und werden mit HH und fortlaufenden Ziffern gekennzeichnet wie links im Foto zu sehen ist. Herbig entdeckte und kennzeichnete sie 1974 in NGC1333. Zu Beginn dieses Jahrhunderts wurde der Nebel nochmals näher untersucht und es wurde bestätigt, dass es sich um ein Sternentstehungsgebiet handelt. **Mit einer Entfernung von ca. 1000 Lichtjahren zählt es zu den am dichtest gelegenen aktiven**

Sternentstehungsgebieten in unserer Galaxie. Es wurden 39 Protosterne und 98 Vor- Hauptreihensterne entdeckt, außerdem 150 junge Sterne im Alter von ca. einer Millionen Jahren.