

# Entdeckung von H<sub>2</sub> im Raum

## Erklärt dunkle Materie und Rotverschiebung

von Paul Marmet

Übersetzung aus dem Englischen: M. Hüfner 2010

In Papieren, die ungefähr vor einem Jahrzehnt veröffentlicht wurden, sagten der Autor und die Kollegen das weit verbreitete Vorhandensein von Wasserstoff in der molekularen Form (H<sub>2</sub>) im Raum voraus (Marmet und Reber 1989; Marmet 1990a, B). Obgleich Wasserstoff in atomarer Form leicht durch die Radioastronomie ermittelt wird, ist die molekulare Form schwierig zu ermitteln. Wir zeigten, dass das Vorhandensein dieser fehlenden Masse die unregelmäßige Rotationsbewegung erklären würde, die in den Galaxien beobachtet wurde, die andernfalls durch exotische Hypothesen, wie Schwärme von unsichtbaren braunen oder weißen Zwergen erklärt werden, oder durch sonderbaren Atompartikel genannt WIMPs oder Axions und „Quarknuggets.“

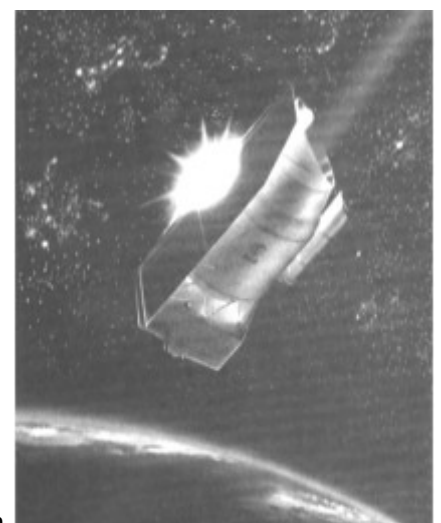
Wir zeigten auch, dass das Vorhandensein von großen Mengen des schwierig zu entdeckenden molekularen Wasserstoffs im interstellaren Raum eine alternative Erklärung zur Big Bang-Theorie zur Verfügung stellen könnte, indem wir die beobachtete Rotverschiebung infolge der verzögerten Ausbreitung des Lichtes durch den Raum erklärten, verursacht durch den Zusammenstoß der Photonen mit interstellarer Materie.

Die häufiger vertretene Meinung erklärt die beobachtete Verschiebung der Frequenz der Spektrallinien, die von den entfernten Galaxien ermittelt werden, resultierend aus einer Doppler-Verschiebung (eine Verschiebung der Frequenz einer Welle, verursacht durch die relative Bewegung des ausstrahlenden Objektes und des Beobachters). Es wird angenommen, die Verschiebung der Frequenz gegen das rote Ende des Spektrums bedeutet, dass entfernte Galaxien von uns fliehen, was eine Expansion des Universums impliziert.

Unsere Vorhersage, basierend auf einer Kritik von vielen der allgemein bestehenden Annahmen der Kosmologie, war das Ergebnis einer ernsten Studie der molekularen Struktur des Wasserstoffs und der astronomischen Beobachtung des atomaren Wasserstoffs im Raum. Jedoch die Astrophysiker bevorzugten, den H<sub>2</sub> zu ignorieren und stattdessen das Vorhandensein sonderbarer Objekte anzunehmen.

Unter Verwendung des europäischen des Infrarot-Raum-Observatoriums der Weltraumagentur ermittelten E.A. Valentijn und P.P. van der Werf vor kurzem riesige Mengen von molekularem Wasserstoffs (H<sub>2</sub>) in **NGC 891**, einer angrenzenden Galaxie 30 Millionen Lichtjahre entfernt von Andromeda (Valentijn und van Der Werf 1999). In ihrem Bericht, veröffentlicht im September 1999, erklären sie, dass ihr Ergebnis „gut passt, mit der Masse, die erforderlich ist, um das Problem der fehlenden Masse der Spiralarms zu lösen.“ Sie stellen fest, dass die Galaxie 5 bis 15mal mehr molekularen als atomaren Wasserstoff enthält.

Es ist allgemein anerkannt, dass atomarer Wasserstoff bei weitem das häufigste Partikel im Universum ist. Es ist auch gut bekannt, dass ungefähr 10mal so viel molekularer Wasserstoff wie Atomwasserstoff das Problem der fehlenden Masse löst. Schließlich fügt Valentijn hinzu: „Die



European Space Agency  
New data from the European Space Agency's Infrared Space Observatory (ISO), show huge amounts of molecular hydrogen in space -- as predicted by this author a decade ago. Here, an artist's illustration of the ISO.

Halokultur, die sich um das Problem der Dunklen Materie entwickelt hat, wäre nie entstanden, wenn die ISO Ergebnisse früher bekannt gewesen wären.“

Zwei Monate nach der Veröffentlichung dieser Entdeckung, berichtete P. Richter u. a. in einem Artikel, das in der **Nature**, am 25. November 1999, veröffentlicht wurde, über die Entdeckung der Absorptionslinien des molekularen Wasserstoffs in einer Hochgeschwindigkeit Wolke des Milchstraße Halos (Richter et al. 1999).

## Beschaffenheit des molekularen Wasserstoffs

Nach molekularem Wasserstoff wird selten im Raum gesucht. In den meisten Papieren in der Astrophysik, wird das Wort Wasserstoff erwähnt, ohne zu unterscheiden, ob er atomar oder molekular ist. Dennoch ist es eine allgemein bekannte Tatsache der Grundlagen-Chemie, dass atomarer Wasserstoff extrem instabil ist und dass er heftig reagiert, um molekularen Wasserstoff zu produzieren, der extrem stabil ist. Wenn man eine Flasche mit reinem atomaren Wasserstoff hätte, würde man eine unmittelbare Explosion erwarten und es würde molekularen Wasserstoff bei sehr hoher Temperatur entstehen.

Atomarer Wasserstoff (H) bestehend aus einem einzelnen Proton und einem Elektron, ist das einfachste vorhandene stabile Atom. Wegen der Spin-Struktur des Partikels, ist er leicht unter Verwendung eines Hochfrequenzsignals bei 21cm Wellenlänge nachweisbar. Atomarer Wasserstoff in den Galaxien und im intergalaktischen Raum kann sehr leicht ermittelt werden, weil der atomare Wasserstoff seinen Spin ändern kann (der seine Energie ändert).

Elektromagnetische Strahlung wird bei der Wellenlänge von 21 cm ausgestrahlt, oder eine Absorptionslinie wird (in der Hintergrundstrahlung) bei dieser Wellenlänge beobachtet. Jedoch wenn zwei Atome Wasserstoff sich binden und molekularen Wasserstoff (H<sub>2</sub>) bilden, werden ihre Spins verbunden und vollständig annulliert. Die Hochfrequenz-Spektrallinie bei 21 cm existiert nicht mehr und der molekulare Wasserstoff wird bei dieser Wellenlänge total unsichtbar.

Die möglichen Schwingungs- und Rotationszustände für die zwei Wasserstoffkerne im zweiatomigen Wasserstoffmolekül sind allgemein bekannt (Cf. Herzberg 1950). Jedoch sind die einzigen zwei Elektronen so fest verkoppelt, dass sie ein Paar bilden, in dem das elektrische Feld und die Spins der Elektronen vollständig annulliert werden.

Molekularer Wasserstoff besitzt keinen dauerhaften Dipol. Solch eine perfekte Koppelung ist unter zweiatomigen Molekülen ungewöhnlich. Zum Beispiel in den Fällen von Stickstoff und Sauerstoff gibt es sieben und acht Elektronen pro Atom, so wenn sie gebunden werden, ist es nicht möglich, solch eine perfekte Koppelung von Spins (mit null dauerhaftem Dipol) für alle sieben oder acht Paare Elektronen zu erfüllen.

Wenn Licht durch normale molekulare Gase, wie etwa Sauerstoff, Stickstoff und andere dringt, regt die Strahlung den resultierenden elektrischen Dipol im Molekül an und etwas Energie wird zerstreut oder absorbiert. Jedoch im Falle des molekularen Wasserstoffs gibt es kein Dipol-Moment, damit kann keine Strahlung absorbiert werden oder ausgestrahlt werden.

Die meisten angeregten Moleküle besitzen einen elektrischen oder magnetischen Dipol und strahlen Photonen (Licht) nach ungefähr  $10^{-8}$  Sekunden aus. Im Vergleich dazu ist die spontane Emission des Lichtes vom ersten Rotationszustand des molekularen Wasserstoffs praktisch unmöglich. Der Übergang vom zweiten Rotationszustand (produzierend ein Photon des Lichtes) ist verhältnismäßig viel wahrscheinlicher, aber tritt nur einmal in ungefähr 1.000 Jahren auf. Man muss den 6. Zustand erreichen, bevor die Übergangs-Wahrscheinlichkeit einmal jährlich auftreten wird. Diese so genannten verbotenen Übergänge sind so unwahrscheinlich, dass wir nicht hoffen können, kalten molekularen Wasserstoff im Raum zu ermitteln. Weil das Universum eine durchschnittliche Temperatur von 3K hat, bleibt die Entdeckung des meisten molekularen Wasserstoffs weiterhin unwahrscheinlich.

## Warum die Überraschung?

Die extreme Transparenz des molekularen Wasserstoffs in den verschiedenen Quantenzuständen kann auch überprüft werden (Marmet 1992). Verglichen mit allen weiteren bekannten Gasen ist molekularer Wasserstoff im Universum das transparenteste. Jedoch sollte diese weithin bekannte Tatsache zu der Erwartung der Entdeckung des molekularen Wasserstoffs geführt haben, weil atomarer Wasserstoff bereits beobachtet worden war. Es ist schwierig, zu verstehen, warum dieser Umstand ignoriert wurde, wenn so viele experimentellen Beobachtungen das Vorhandensein der fehlenden Masse im Universum erfordern.

Es gibt viele irreführenden Aussagen hinsichtlich der Entdeckung des Wasserstoffs im Universum. Ohne irgendeine Unterscheidung zwischen Atomen und Molekülen zu treffen, geben die meisten Papiere in der Astrophysik an, dass die Menge des Wasserstoffs im Universum weithin bekannt sei, weil er leicht über beträchtlichen Distanzen nachweisbar ist. Das Vorhandensein einer enormen Menge molekularen Wasserstoffs gibt diese Erklärung zweifellos als fehlerhaft ab.

Jedoch ist es allgemein bekannt, dass atomarer Wasserstoff im Raum zweifellos natürlich in  $H_2$  umgewandelt wurde. Über Milliarden Jahren, haben Staub, Dreikörper- Interaktionen und sogar Photonenemission  $H_2$  produziert. Sobald molekularer Wasserstoff gebildet wird, ist er so stabil, dass es wenig Wahrscheinlichkeit seiner Auflösung gibt. Es kann nicht argumentiert werden, dass  $H_2$  nicht im Raum existiere, weil er durch ultraviolette Strahlung ionisiert würde oder aufgespalten werden könnte. Wenn es genügend ultraviolette Strahlung gäbe, um  $H_2$  zu ionisieren, würde diese gleiche Strahlung auch atomaren Wasserstoff ionisieren. Dieses ist nicht der Fall, weil nicht-ionisierter atomarer Wasserstoff beobachtet wird, obwohl es weniger Energie erfordert, das Atom zu ionisieren als die molekulare Form des Wasserstoffs.

Diese Erwägungen zeigen, dass infolge der großen Menge des atomaren Wasserstoffs, die bereits im Raum beobachtet wurde, und der extreme Stabilität des molekularen Wasserstoffs, das chemische Gleichgewicht, das den relativen Überfluss zwischen atomarer Wasserstoff und molekularem Wasserstoff im Raum angibt, die Bildung der zweiatomigen Form ( $H_2$ ) gegenüber der monoatomare Form stark bevorzugt. Wir müssen folglich feststellen, dass die Neuentdeckung von  $H_2$ , keine Überraschung ist und sollte von den bekannten Tatsachen hinsichtlich des natürlichen Gleichgewichts zwischen  $H_2$  und  $H$  erwartet worden sein. Es wird erwartet, dass noch viel mehr kaltes  $H_2$  entdeckt wird.

## Dunkle Materie und die Rotverschiebung

Das Vorhandensein von  $H_2$  hat auch wichtige Konsequenzen betreffend des Ursprungs des Universums und der Interpretation der kosmologischen Rotverschiebung. Dieser Autor hat seit einigen Jahre argumentiert, dass diese riesige Menge transparenten  $H_2$  im Raum auf das Licht einwirkt, das aus dem Kosmos empfangen wird (Marmet 1988, 1990a, B). Das wesentliche Argument wird zusammengefasst, wie folgt:

Selbst wenn  $H_2$  nicht zu den spezifischen Quantenzuständen angeregt wird, gibt es eine andere Art Interaktion, die das bewegliche Photon stört und verlangsamt. Wir wissen, dass Licht auf ein transparentes Medium einwirkt, weil seine Geschwindigkeit sich verringert ohne zu zerstreuen, wie berechnet und unter Verwendung des beobachteten einfachen Brechungsindex der Gase. Das kosmische Licht, sich bewegend über Milliarde von Lichtjahren, erleidet eine fast unvorstellbare Anzahl von Zusammenstößen mit jenen transparenten Molekülen des Wasserstoffs im Universum.

Licht ist ein Wellenzug der elektromagnetischen Strahlung. Infolge seiner Kohärenz die während einer Zeitspanne (bekannt als die Zeit oder die Kohärenz-Länge ) aufrecht erhalten wird, schreitet die Phase des elektromagnetischen Feldes regelmäßig in der Zeit weiter. Unter Verwendung der Fourier-

Transformation können wir berechnen, dass ein Wellenzug der elektromagnetischen Welle (der keine unbegrenzte Zeit dauern kann), immer zwei Frequenzkomponenten besitzt: die übliche Hochfrequenzkomponente, aber auch eine Niederfrequenzkomponente, die von der Kohärenz-Zeit abhängt.

Aus der Elektron-Proton Struktur des Wasserstoffs kann berechnet werden, dass etwas Energie (zerstreut) während der Interaktion des Lichtes mit Wasserstoff verloren geht, die von dieser Niederfrequenzkomponente (der Kohärenz-Zeit) abhängt. Wir haben gezeigt, dass der Durchgang des Lichtes durch den Wasserstoff, entweder atomar oder molekular, immer (etwas) unelastisch ist. Es ist auch bekannt, dass der Energieverlust mit dem Verhältnis  $\Delta\lambda/\lambda = \text{const}$  kompatibel ist. Infolge dessen ist die Rotverschiebung, die dem Zusammenstoß eines Photons mit  $\text{H}_2$  folgt, nicht unterscheidbar vom Phänomen, das durch den Doppler-Effekt verursacht wird.

Nur der wärmste molekulare Wasserstoff (höhere Schwingungs- und Rotationsquantenzahlen mit einbezogen) ist heute nachweisbar. Wenn die Technologie sich so weit entwickelt, dass wir das kältere  $\text{H}_2$  im Universum ermitteln können, wird zweifellos eine größere Menge  $\text{H}_2$  entdeckt, der vom kälteren molekularen Wasserstoff in den Galaxien stammt.

---

### **Die Doppler-Interpretation der Rotverschiebung ist eine Variante der Kreationismus-Theorie, da sie behauptet, dass das Universum aus dem Nichts vor 15 Milliarde Jahren mit einem plötzlichen Urknall geschaffen wurde.**

---

Wir wissen, dass das Molekül  $\text{H}_2$  ungefähr die gleiche (Nicht-Doppler) Rotverschiebung wie monoatomarer Wasserstoff erzeugt, aber die Zahl der Molekülen von  $\text{H}_2$  ist viel größer. Weil atomarer und molekularer Wasserstoff eine ungefähr homogene Verteilung im Universum haben, verursacht das eine Nicht-Doppler Rotverschiebung, die zum Abstand der Lichtquelle proportional ist (gerade was ein anscheinend expandierendes Universum anbetrifft, angenommen mit einer Doppler-Interpretation).

Die Neuentdeckung einer enormen Menge molekularen Wasserstoffs löst nicht nur das Problem der fehlenden Masse; sie löst auch das Problem der Rotverschiebung, in einem nicht-expandierenden unbegrenzten Universum. Die Doppler-Interpretation der Rotverschiebung ist eine Variante der Kreationismus-<sup>1</sup>Theorie, da sie behauptet, dass das Universum vor 15 Milliarde Jahren aus dem Nichts mit einem plötzlichen Urknall hergestellt wurde. Da eine viel größere Menge molekularer Wasserstoff als vorher zugelassen im Universum beobachtet worden ist, können wir jetzt sehen, wie dieser Wasserstoff für die beobachtete Rotverschiebung verantwortlich ist. Dieser molekulare Wasserstoff ist für die Rotverschiebung verantwortlich, von der irrtümlich angenommen wird, dass sie einen kosmologischen Doppler-Ursprung habe.

Es ist unglücklich, dass das Vorhandensein von  $\text{H}_2$  für so lange ignoriert worden ist. Wie durch einen der neuen Entdecker E.A. Valentijn bemerkt, könnte das Problem der fehlenden Masse nie entstanden sein, wenn das Infrarotraum-Observatorium (oder die Vorhersagen von  $\text{H}_2$ ) früher bekannt gewesen wäre. Es ist auch wahr, dass das Problem nicht entstanden wäre, wenn die Argumente, die von diesem Autor und von anderen für das notwendige Vorhandensein von  $\text{H}$  dargestellt wurden, beachtet worden wären.

Mit dieser neuen Entdeckung kann die Wissenschaft jetzt eine logische und realistische Beschreibung der Natur haben, weil wir mit solchen exotischen Hypothesen wie den WIMPs und den

---

1 Der **Kreationismus** (von lat. *creare* „erschaffen“) ist die Auffassung, dass die wörtliche Interpretation der **Heiligen Schriften** der **abrahamitischen Religionen** (insbesondere **1. Buch Mose**) die tatsächliche Entstehung von **Leben** und Universum beschreibt. Der Kreationismus erklärt beides durch den unmittelbaren Eingriff eines Schöpfergottes in natürliche Vorgänge, was sich entweder auf die Schöpfung aus dem Nichts (**Creatio ex nihilo**) oder die Entstehung von Ordnung aus zuvor existierendem Chaos (**Tohuwabohu**) beziehen kann.. (Wikipedia)

„Quark-Nuggets“ nicht mehr spekulieren müssen, um die fehlende Materie im Universum zu erklären.

---

*Dr. Paul Marmet ist vor Kurzem vom Physik-Lehrstuhl an der Universität von Ottawa zurückgetreten. Er war früher Leiter einer Forschungsgruppe am Herzberg Institut der Astrophysik des nationalen Forschungsrats von Kanada, in Ottawa, und von 1967 bis 1982 war er Direktor des Labors für Atom- und Molekül-Physik an der Laval Universität in Quebec. Als früherer Präsidenten des kanadischen Verbandes der Physiker diente Marmet auch als Mitglied des Executiv-Ausschusses für die Atomenergiekommission von Kanada von 1979 bis 1984.*

*Er ist der Autor von „Einsteins Relativitätstheorie gegen die Klassische Mechanik“, veröffentlicht bei Newton Physics Books in Gloucester, Ontario.*

---

## Literatur-Hinweise

1. **G. Herzberg, 1950. Spectra of Diatomic Molecules** (Second edition,) D. van Nostrand Co.
2. **P. Marmet, 1988. "A New Non-Doppler Effect," Physics Essays, Vol. 1 p. 24.**  
**P. Marmet, 1990a. "Big Bang Cosmology Meets an Astronomical Death," 21st Century Science and Technology, Vol. 3, No. 2 (Spring), pp. 52-59.**
3. P. Marmet, 1990b. "The Deceptive Illusion of the Big Bang Cosmology," **Physics in Canada, Vol. 46, No.5, pp. 97-101.**
4. **P. Marmet, 1992."The Cosmological Constant and the Redshift of Quasars," IEEE, Transactions on Plasma Science, Vol. 20, No. 6 (Dec.), pp. 958-964.**
5. **P. Marmet and G. Reber, 1989. "Cosmic Matter and the Non-Expanding Universe," IEEE, Transactions on Plasma Science, Vol. 17, No. 2 (Dec.), pp. 264-269.**
6. **P. Richter, S. Richter, K. S. de Beer, N. Widmann, N. Kappelmann, W. Gringel, M. Grawing, J. Barnstadt, 1999. Nature, Vol. 402 (Nov. 25), p.386.**
7. **E. A. Valentijn and P. P. van der Werf, 1999. "First Extragalactic Direct Detection of Large-Scale Molecular Hydrogen," Astrophysical Journal Letters, Vol. 522, No. 1 (Sept. 1), pp. L29-35.**