

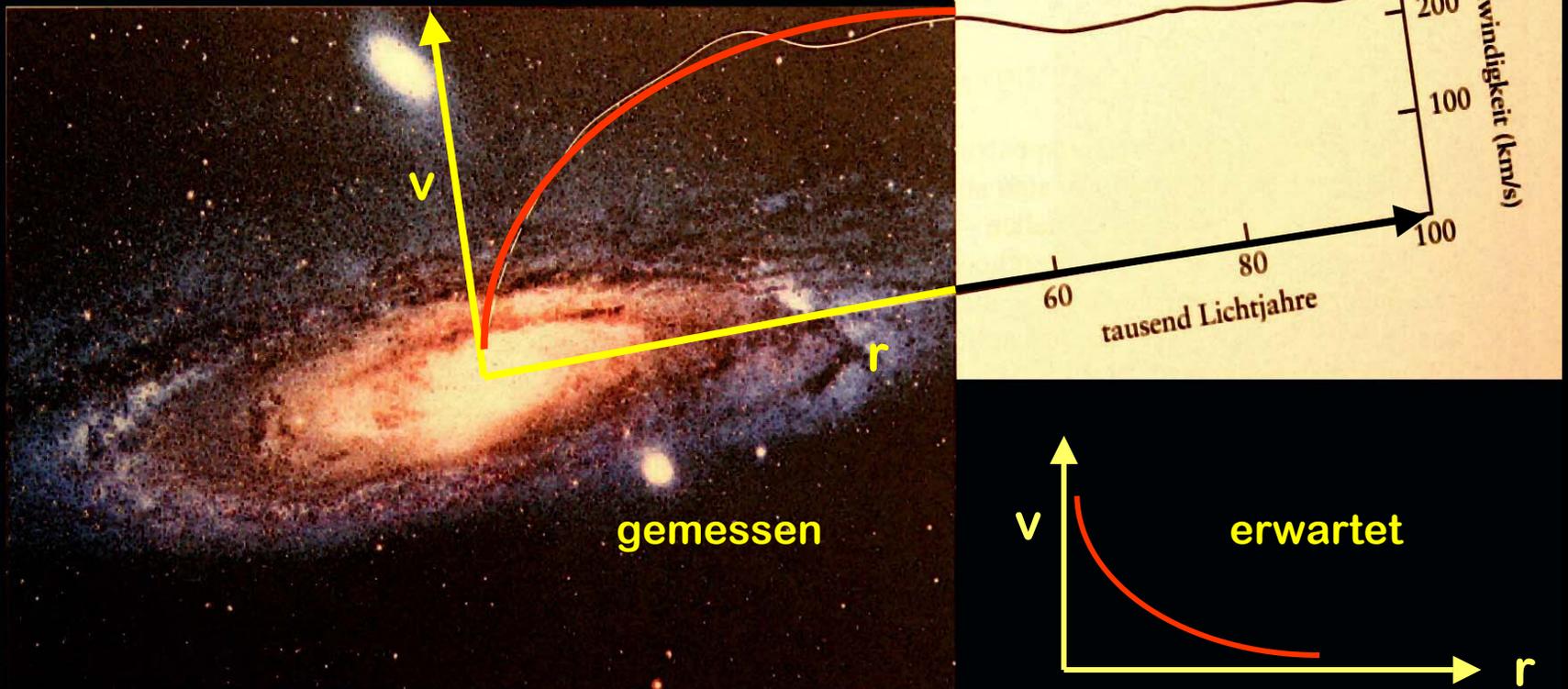


**Das Rätsel der Dunklen Materie
und seine Lösung**

1. Das Problem

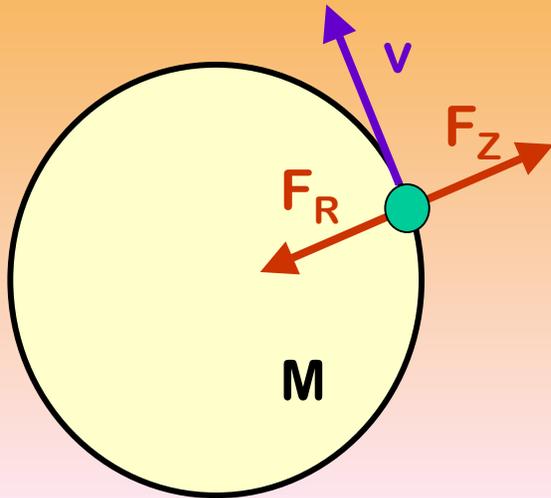
Galaxien zeigen ein unerwartetes Rotationsverhalten:

Selbst in großen Abständen vom Zentrum bleibt die Bahngeschwindigkeit der Objekte (Sterne, Gase usw.) etwa konstant, obwohl eine Keplerrotation mit hyperbolisch fallenden Werten erwartet wird.



Herkömmliche Erklärung:

Wenn Keplerrotation erwartet aber nicht beobachtet wird, so muss man verborgene „dunkle“ Materie zur Erklärung heranziehen.



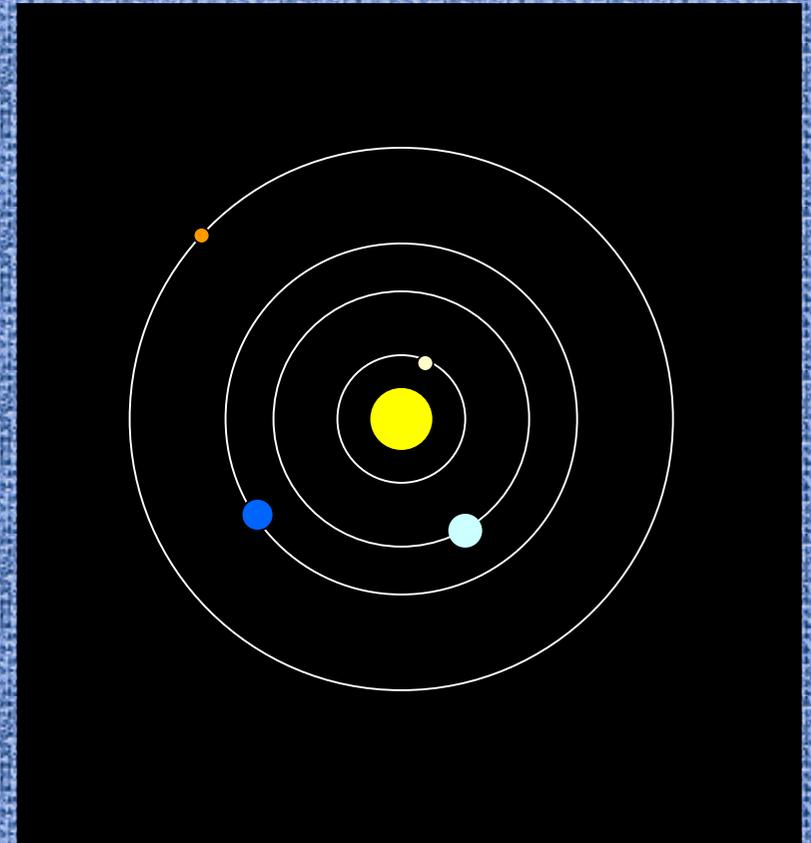
Radialkraft (Gravitation) =
Zentrifugalkraft

$$\frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \longrightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \longrightarrow v \sim \sqrt{\frac{M}{r}}$$

Wenn die Bahngeschwindigkeiten v bei wachsenden Abständen r konstant bleiben, so müssten die Massen M im selben Maße zunehmen wie die Abstände. Das wird zwar nicht beobachtet, aber vielleicht gibt es noch unentdeckte „dunkle Materie“?

Seit 1933 sucht man mit erheblichem Aufwand nach dieser mysteriösen Materie – ohne Erfolg. Und wenn es diese dunkle Materie gar nicht gibt? Wenn andere Kräfte wirken, die das Phänomen erklären?

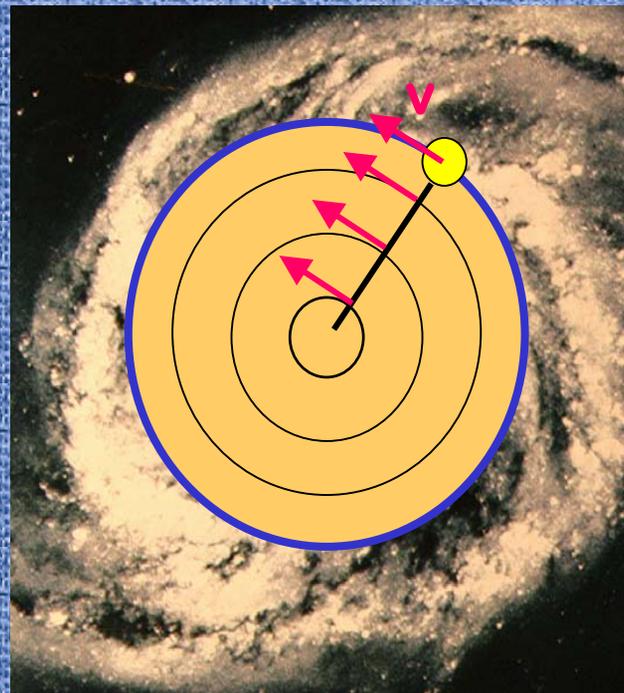
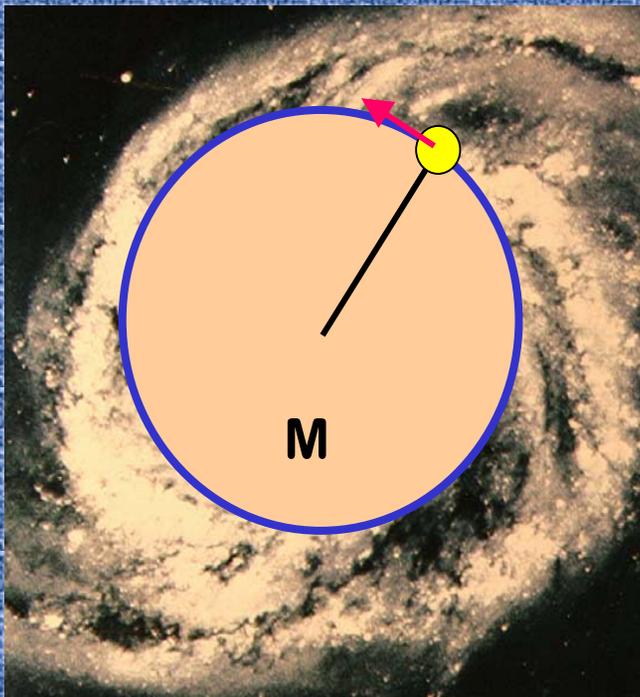
2. Die Lösung des Rätsels der dunklen Materie



Galaxis und Planetensystem wurden gleichermaßen als Objekte aufgefasst, in denen eine quasi punktförmige Zentralmasse von anderen Massen umlaufen wird: Korrekt?

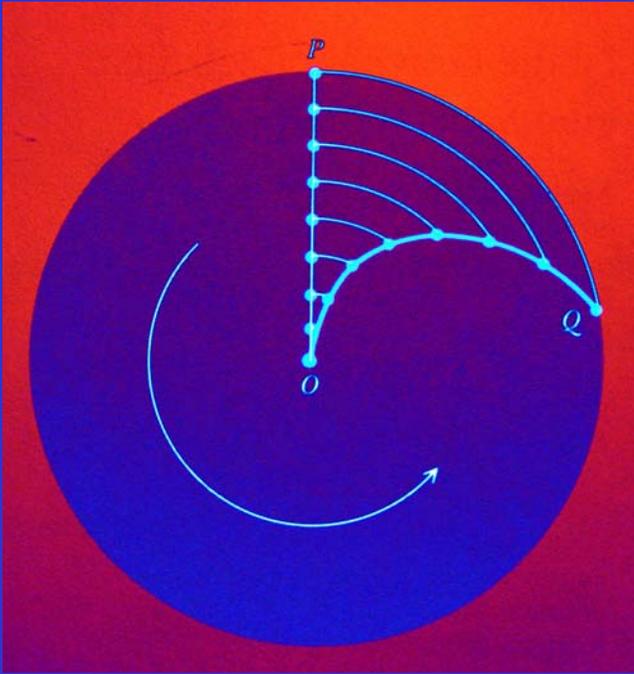
These:

Großräumige massereiche Strukturen mit differentieller Rotation unterliegen nicht allein dem Einfluss von Gravitation und Zentrifugalkraft. Auf bewegte Massen in rotierenden Systemen wirken weitere Trägheitskräfte, so dass keine Keplerrotation erwartet werden kann.



In Galaxien umrundet ein Objekt nicht eine ruhende, punktförmige Masse M , sondern viele in einer Scheibe verteilte Massen unterschiedlicher Winkelgeschwindigkeit mit

$$v = \omega \cdot r$$



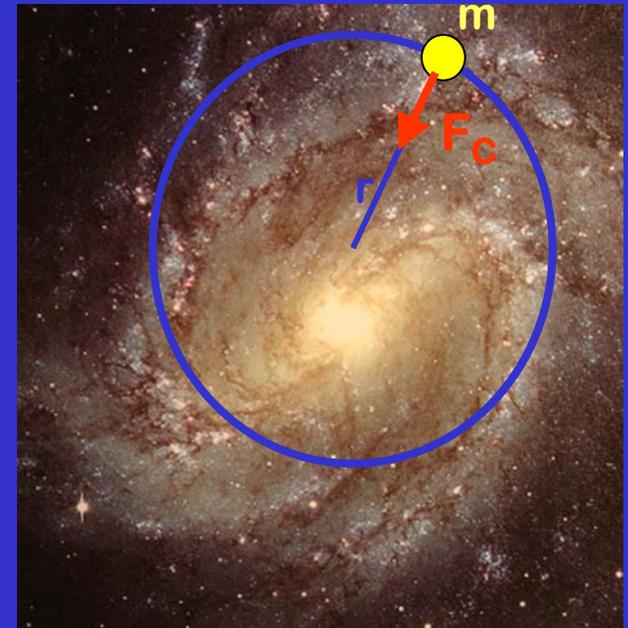
Bewegt sich ein Körper über eine rotierende Scheibe von 0 nach P, so legt er aus der Sicht eines mitrotierenden Beobachters den Weg von 0 nach Q zurück. Es scheint, als habe ihn eine zusätzliche Kraft abgedrängt. Solche nur in beschleunigten Bezugssystemen registrierten Kräfte sind Schein- bzw. Trägheitskräfte. In unserem Fall handelt es sich um die Corioliskraft.

Bewegt sich ein Stern mit der Masse m im Abstand r mit geringerer Winkelgeschwindigkeit um ein Galaxienzentrum als die weiter innen liegenden Objekte, so wirkt auf ihn die Corioliskraft

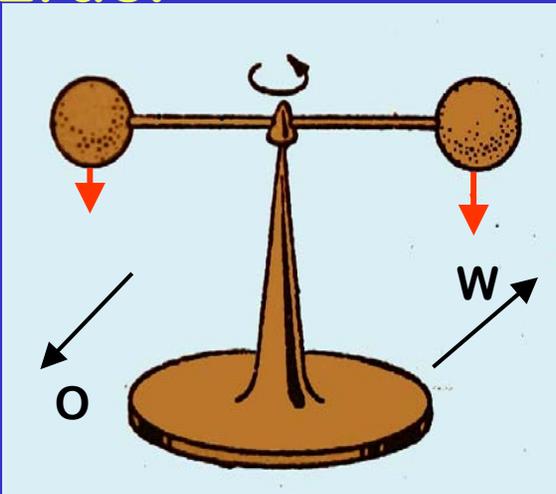
$$F_C = 2 m \omega v'$$

$$F_C = 2 (1 - k) m \omega^2 r$$

Mit $v' = (\omega - \omega_0) r$ und $k = \omega_0 / \omega$



Beispiele für nachweisbare Corioliskräfte auf der Erde:



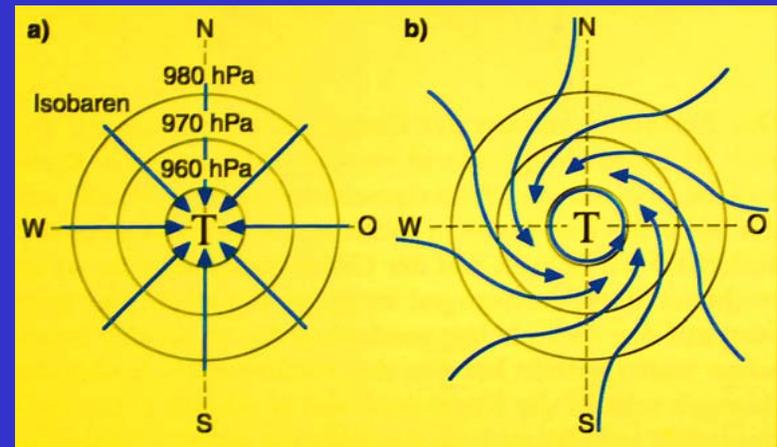
1. Rotierende Waage nach Eötvös:

Der ruhende hantelförmige Körper bleibt exakt waagrecht ausgerichtet. Bei sehr schneller Rotation kippt der Körper um eine horizontale Achse: Die jeweils nach Westen laufende Masse hat eine höhere Relativgeschwindigkeit gegenüber der entgegenkommenden Erde als die jeweils nach Osten laufende. Nach Westen laufende Massen werden durch Corioliskräfte schwerer.

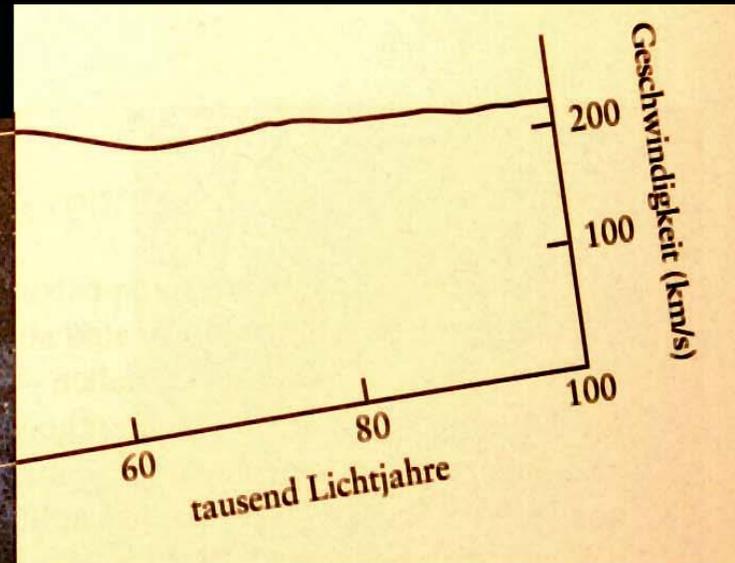
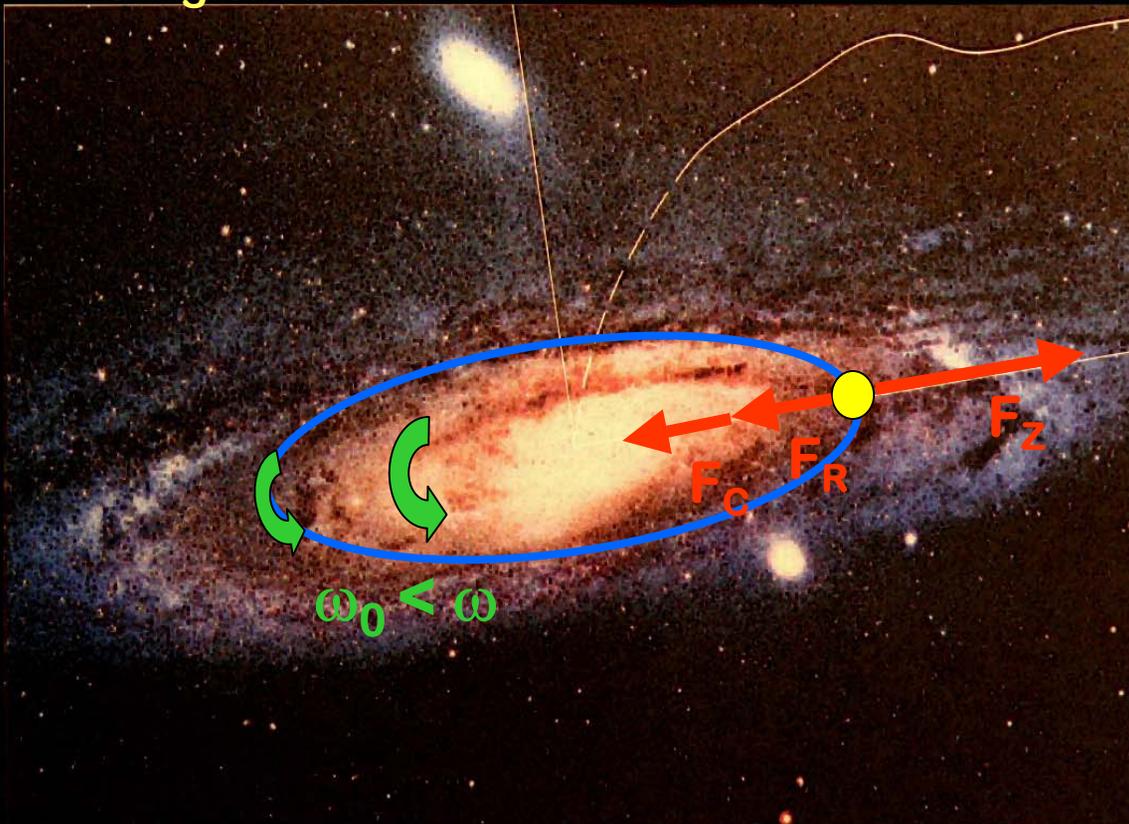
2. Windablenkung:

a) Bei nichtdrehender Erde strömten die Winde gradeaus in ein Tief.

b) Die Bewegung der Luft relativ zur Erddrehung bewirkt eine Corioliskraft. (Nordhalbkugel: Rechtsablenkung)



Die Gravitation ausübenden Massen in Galaxienscheiben sind scheinbar zu gering, um die Zentrifugalkraft auf umlaufende Objekte auszugleichen.

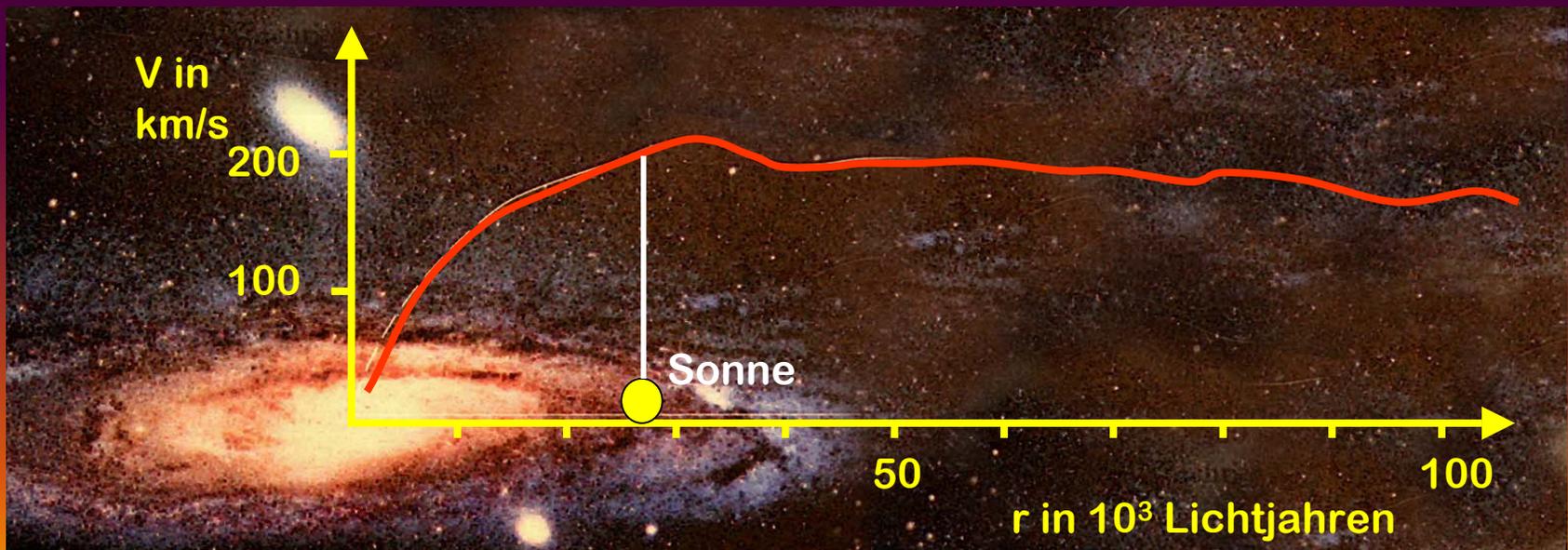


$$F_Z = F_R + F_C$$

Da sich aber alle Massen gegeneinander bewegen, wirken zusätzlich Corioliskräfte zum Zentrum: Das umlaufende Objekt wird „schwerer“, ohne dass dunkle Materie erforderlich wird.

In unserer Galaxis befindet sich die Sonne etwa 27000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt und umkreist dieses mit einer Geschwindigkeit von 220 km/s. Alle weiter innen rotierenden Objekte haben höhere Winkelgeschwindigkeiten: Die Sonne läuft der Galaxienscheibe hinterher. Die Differenz der Winkelgeschwindigkeiten ist Ursache für Corioliskräfte, die zum Zentrum gerichtet sind. Es ist weniger Gravitationskraft und damit Masse notwendig als bei Keplerrotation erwartet.

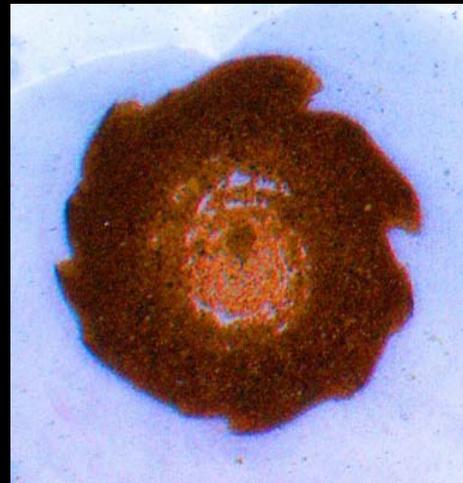
Die vermutete dunkle Materie muss es nicht geben.





Eine mit Testteilchen (Sand, Körner, Kugeln) vermischte Flüssigkeit rotiert mit gleichmäßiger Winkelgeschwindigkeit: Alle Teilchen werden erwartungsgemäß nach außen gedrückt.

Erklärung: Zentrifugalkraft.



Die Rotation wird abgebremst: Alle Teilchen werden auf Spiralbahnen zum Zentrum hin bewegt und setzen sich schließlich am Boden ab.

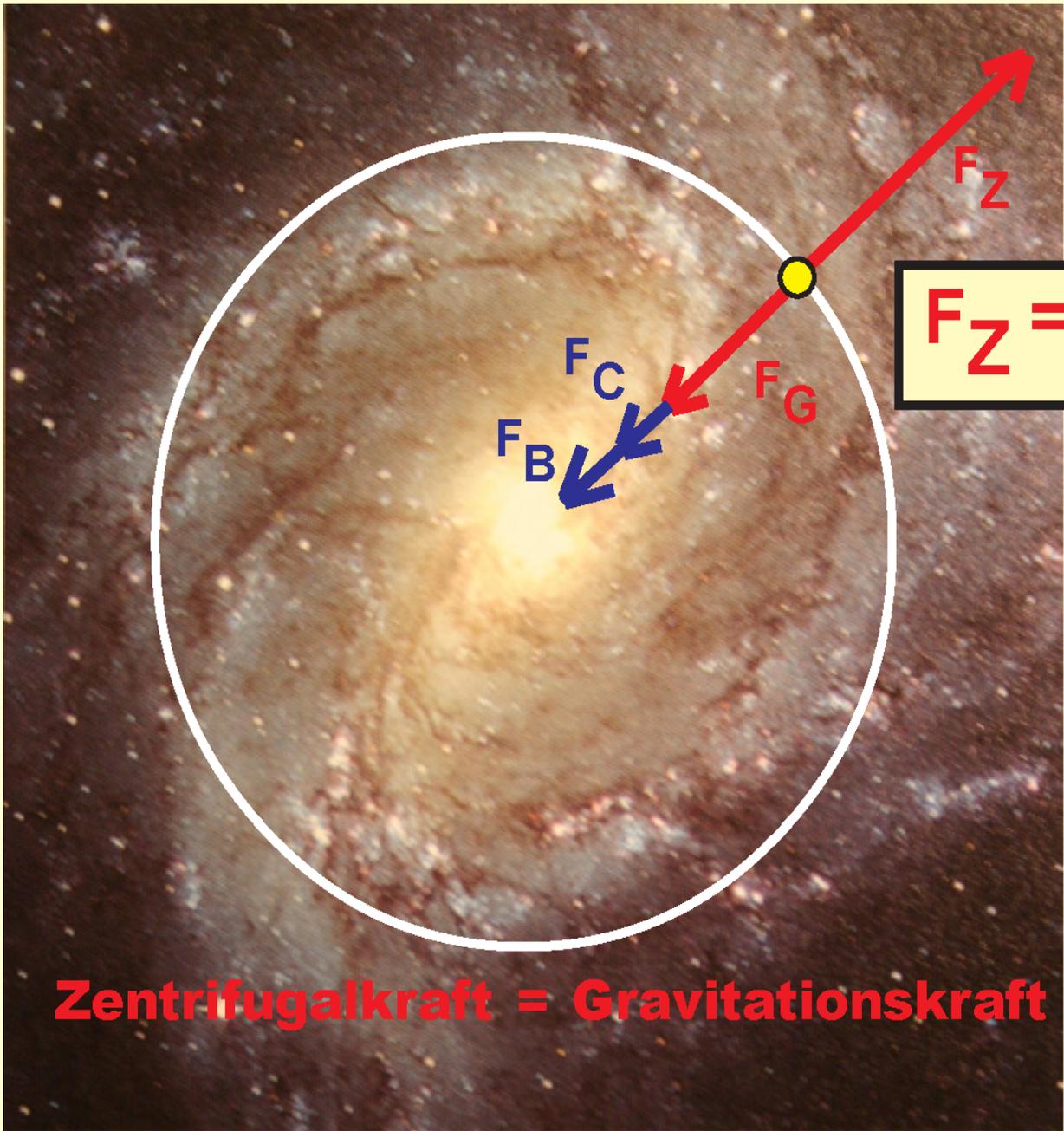
Erklärung: Die Winkelgeschwindigkeiten sind nicht mehr in allen Bereichen gleich und die Corioliskraft überwiegt die Zentrifugalkraft.

Die spiralförmige Bewegung von Sternen in einer Galaxien-
scheibe lässt sich in einer rotierenden Flüssigkeit simulieren.



Zwei Kräfte wirken
zum Zentrum hin
(zusätzlich zur
Gravitation):

1. Die Corioliskraft
(verursacht durch
unterschiedliche
Winkelgeschwindigkeiten
in verschiedenem Abstand
vom Zentrum)
2. Eine Kraft, die durch
Veränderung der
Winkelgeschwindigkeit
bewirkt wird



**Dunkle
Materie??**

$$F_Z = F_G + F_C + F_B$$

F_C ... verursacht durch Bewegung eines Körpers in einem rotierenden System mit abweichender Winkelgeschwindigkeit

F_B ... wirkt nur dann, wenn sich die relative Winkelgeschwindigkeit zwischen System und Körper ändert (z.B. bei Bremsvorgängen)

Zentrifugalkraft = Gravitationskraft + Corioliskraft + Kraft F_B



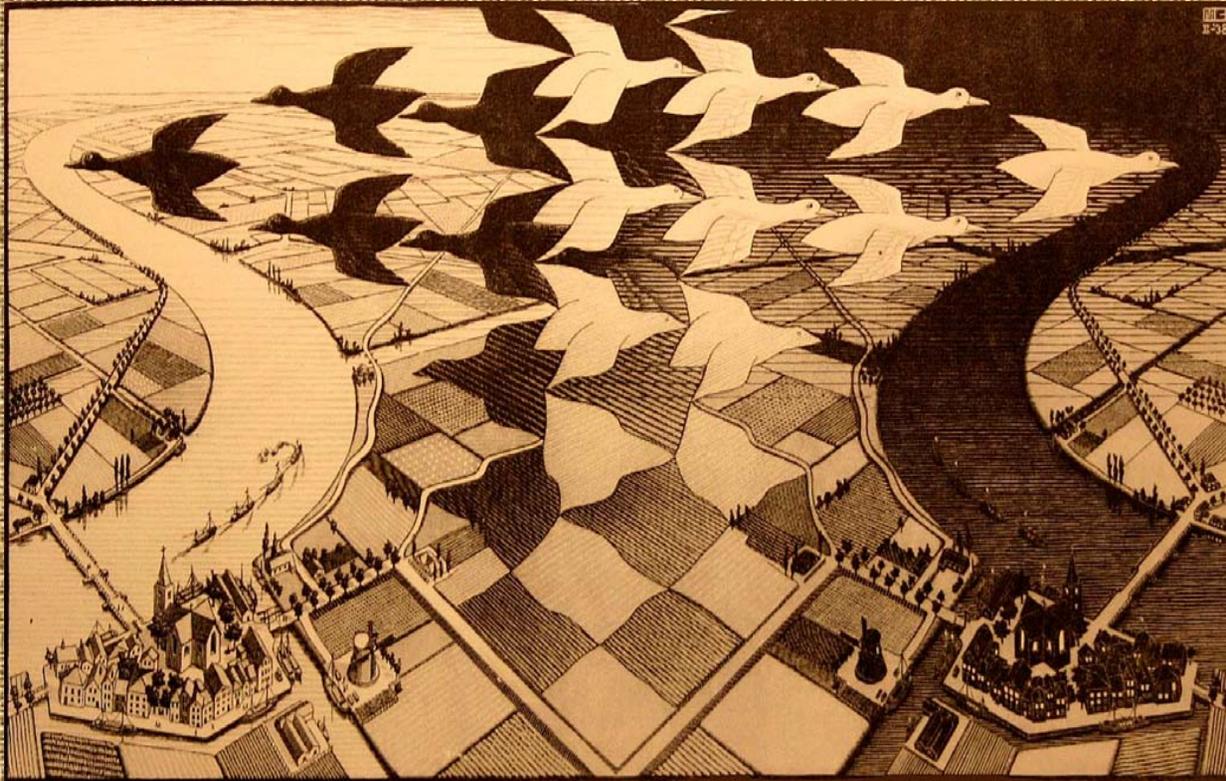
Bei konstanter Rotation wird das Pendel konstant nach außen gedrückt.

Einfache Experimente zeigen die Wirkung von Trägheits- bzw. Scheinkräften auf rotierende Körper, ohne dass hier „dunkle Materie“ bemüht werden muss.



Beim Abbremsen zieht es das Pendel „geheimnisvoll“ nach innen: Ist da dunkle Materie im Spiel?

Fazit: Dunkle Materie ist nur der Schatten unverstandener Phänomene



Sie verflüchtigt sich augenblicklich, wenn die vollständige Bewegungsgleichung auf differentiell rotierende Strukturen angewendet wird:

$$0 = -F_R + F_Z - F_C - F_B$$