

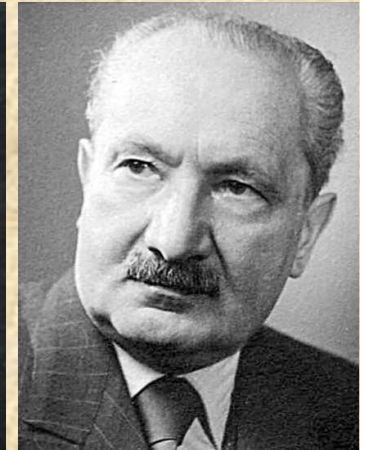
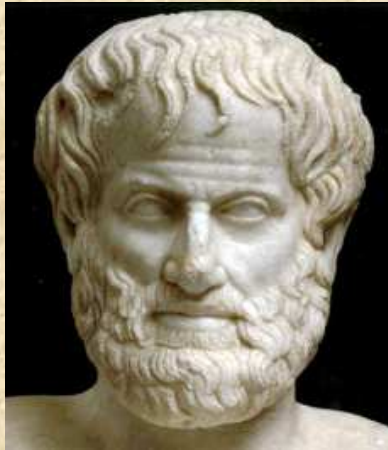
Ist Zeit eine Illusion?

Eine neue Theorie eines faszinierenden Phänomens



© Dr. Wolfgang Steinicke 2011

Das Phänomen „Zeit“ hat Generationen von Philosophen und Naturwissenschaftlern beschäftigt – entscheidende Fortschritte sind leider nicht erkennbar!



Platon: Veränderung (Werden) ist nur Schein; Bewegung ist nur vorgetäuscht. Zeit hat keine eigene Realität (Angelegenheit der Metaphysik). Realität (Sein) ist dagegen zeitlos und unteilbar.

Aristoteles: Raum und Zeit sind dem Kosmos innewohnende, absolute Größen. Werden ist real.

Augustinus: Was also ist Zeit? Wenn mich niemand fragt, weiß ich es, soll ich es einem Fragenden erklären, weiß ich es nicht.

Kant: Zeit muss nicht erklärt werden. Sie ist kein empirischer Begriff sondern eine notwendige Vorstellung, die allen Anschauungen zu Grunde liegt (a priori).

Heidegger: Zeit ist kein Ding, demnach nichts Seiendes, bleibt aber in ihrem Vergehen ständig, ohne selber etwas Zeitliches zu sein wie das in der Zeit Seiende. Sein und Zeit bestimmen sich wechselseitig, jedoch so, daß das Sein weder als Zeitliches noch die Zeit als Seiendes angesprochen werden können.

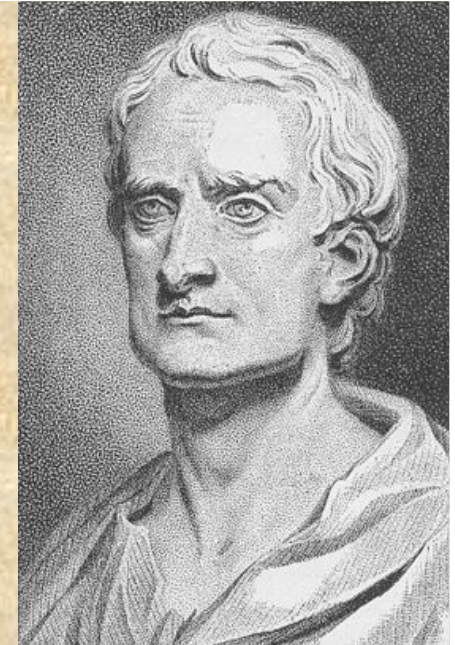
Was hat die Physik zu sagen? Raum und Zeit treten hier gemeinsam auf.

Newtons Postulat (Principia 1687): **Raum und Zeit sind absolut.**

Absoluter Raum und absolute Zeit sind unsichtbar und existieren unabhängig von den Dingen – und auch ohne sie. Raum und Zeit sind von Gott gegeben.

„Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur stets gleich und unbeweglich.“

„Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand.“

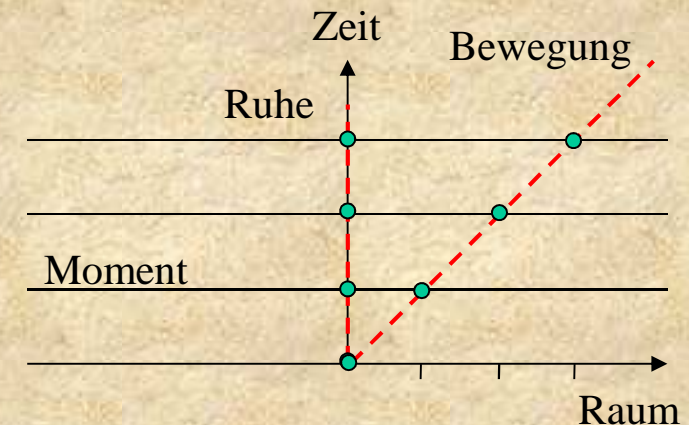


Isaac Newton
(1646-1716)

Absoluter Raum = fester, durchsichtiger, reibungsfreier, unendlich ausgedehnter „Glasblock“. Ein starres Referenzsystem (Substrat) in dem sich alles abspielt.

Absolute Zeit = ewiger, absolut gleichförmig fließender Strom, der unabhängig vom absoluten Raum existiert und alle Veränderungen (Bewegungen) referenziert.

Absolute Bewegung = Bewegung gegenüber dem absoluten Raum, gemessen in der absoluten Zeit (Geschwindigkeit = Ortsdifferenz/Zeitdifferenz).



Kritik von Leibniz (1710)

- Wo liegt der **Ursprung** (Nullpunkt) des absoluten Raums?
Wie ist die Metrik (Abstand) und ihre Einheit bestimmt?
- Wo ist der **Anfang** (Nullpunkt) der absoluten Zeit?
Wie ist die Metrik (Dauer) und ihre Einheit bestimmt?
- Tautologie: Die absolut gleichförmig gehende Uhr kann man nur mit der absoluten Zeit selbst überprüfen.
In der Realität lassen sich Uhren nur **relativ** zueinander definieren.
- Absolute Bewegung sollte feststellbar sein, sonst ist sie sinnlos.
Alles was wir sehen sind Dinge, die sich **relativ** zueinander bewegen.

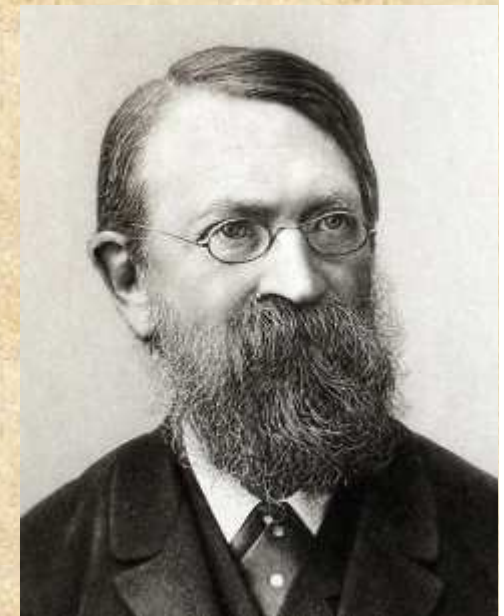
Kritik von Mach (1883)

„Wir sind ganz außerstande, die Veränderungen der Dinge **an der Zeit** zu messen. Die Zeit ist vielmehr eine Abstraktion, zu der wir **durch die Veränderung** der Dinge gelangen, weil wir auf kein bestimmtes Maß angewiesen sind, da eben alle untereinander zusammenhängen.“

„Über den absoluten Raum und die absolute Bewegung kann niemand etwas aussagen, sie sind bloße Gedankendinge, die in der Erfahrung nicht aufgezeigt werden können. Alle unsere Grundsätze der Mechanik sind Erfahrungen über **relative** Lagen und Bewegungen der Körper.“



Gottfried Wilhelm Leibniz
(1646-1716)



Ernst Mach (1838-1916)

Machsches Prinzip

Physik darf nur **relative Größen** verwenden (Relativabstand, relative Uhr, Relativbewegung).
Leerer (absoluter) Raum mit einer Zeit, die unabhängig in ihm vergeht, ist sinnlos.

Erfüllen die **Standardtheorien** der Physik das Machsche Prinzip?

Nein! Entweder

 sie benötigen einen vorgegeben Raum-Zeit-Hintergrund (sind **hintergrundabhängig**)
oder

 sie erlauben einen leeren (absoluten) Raum bzw. eine kosmische (absolute) Zeit.

Newtonsche Mechanik

Raum und Zeit sind absolut

Quantenmechanik

basiert auf Newtons absoluter Raum-Zeit

Spezielle Relativitätstheorie

Länge/Dauer relativ; erlaubt leeren (absoluten) Raum

Quantenfeldtheorie

basiert auf Spezieller Relativitätstheorie

Allgemeine Relativitätstheorie

erlaubt materiefreies Universum und kosmische Zeit

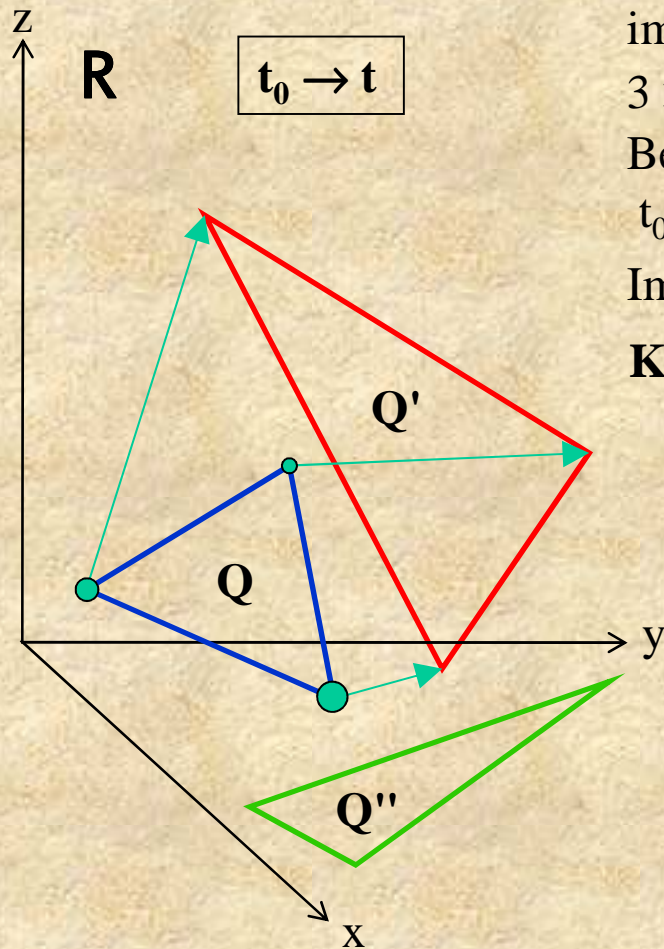
Quantengravitation

konsistente Theorie noch nicht formuliert
(Modelle sind hintergrundabhängig)

Newton geistert noch in allen Standardtheorien herum → „**Machsche**“ **Physik erforderlich!**

Grundlagen der Physik müssen geklärt werden – am besten anhand einfacher Modelle.

Dynamik nach Newton (absolute Raum-Zeit)



3 Teilchen (verschiedener Masse) bilden Dreieck Q im dreidimensionalen Raum \mathbf{R} . Die **Konfiguration** ist durch $3 \times 3 = 9$ Koordinaten (Freiheitsgrade) bestimmt.

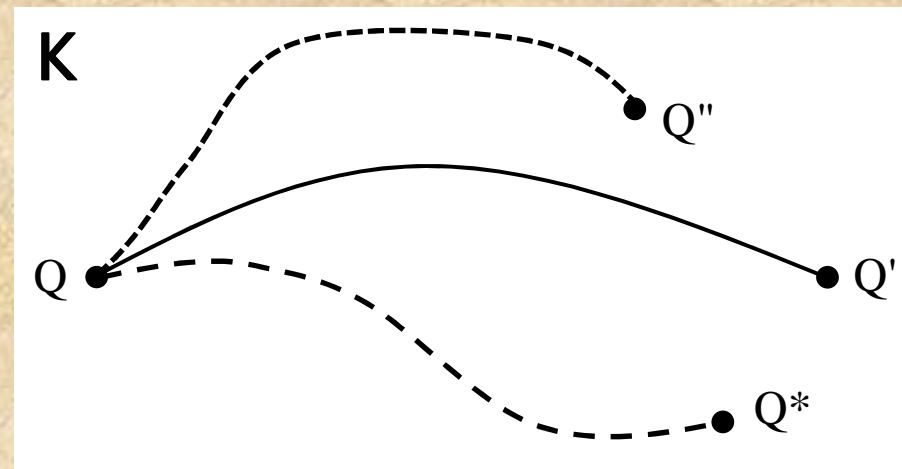
Bewegung der Massenpunkte (zeitliche **Entwicklung**)

$t_0 \rightarrow t: Q \rightarrow Q'$

Im Prinzip sind beliebige Entwicklungen möglich, z.B. $Q \rightarrow Q''$

Konfigurationsraum \mathbf{K} = 9-dim. Raum aller Konfigurationen Q

Entwicklung = Kurve in \mathbf{K}



Welche Kurve ist physikalisch realisiert?

Entscheidende Größe: **Wirkung** (hängt ab von Massen, Positionen, Geschwindigkeiten)

Entwicklung (**Dynamik**) wird bestimmt durch das **Prinzip der kleinsten Wirkung** (Hamilton, Jacobi). Kurve verläuft so, dass Wirkung minimal.

Prinzip der Kleinsten Wirkung → **Newtonsche Bewegungsgleichung** ($F = m \cdot a$)

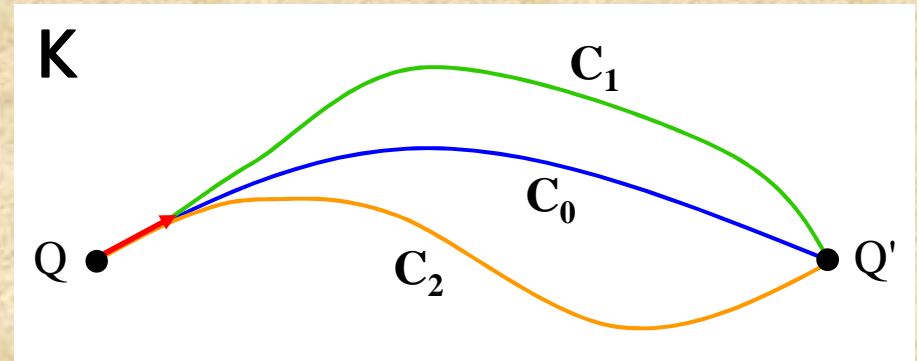
Reale Lösung erfordert **Anfangsbedingung**: Positionen und Geschwindigkeiten (Richtungen) der Massenpunkte zum Anfangszeitpunkt (t_0)

Bewegungsgleichung + Anfangsbedingung
→ Bahnen der Massen in \mathbf{R} bzw.

Kurve $Q \rightarrow Q'$ in \mathbf{K}

Problem:

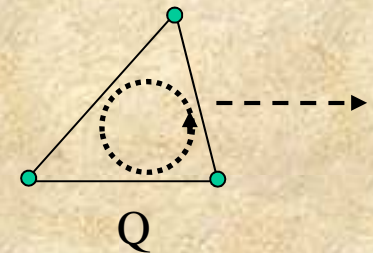
Kurve in \mathbf{K} ist trotz Anfangskonfiguration Q und „Entwicklungsrichtung“ nicht eindeutig festgelegt
→ viele Kurven sind möglich: C_0, C_1, C_2, \dots



Sie unterscheiden sich durch **Bewegungsenergie** (E) und **Drehimpuls** (D) der Konfiguration Q .

Ursache: Newtons absoluter Raum und absolute Zeit!

E und D sind **absolute** Größen = Bewegung und Rotation von Q im absoluten Raum, gemessen an der absoluten Zeit.



Lösung: Verzicht auf absolute Raum-Zeit!

Aufbau einer Physik mit ausschließlich relativen Größen (**Machsches Prinzip**)

Wie lassen sich Raum und Zeit im Machschen Sinn neu definieren?

Methode: Alle Redundanzen im Bezugssystem bzw. alle unbestimmbaren Größen (**Freiheitsgrade**) müssen eliminiert werden (Ockhams Rasiermesser → einfachste Theorie).

Julian Barbour (ab 1974)

- Konsequenter Aufbau einer **Machschen Dynamik** auf der Basis von Relativgrößen (= primäre Größen).
- Raum und Zeit nicht mehr vorgegeben – sie müssen sich aus der Theorie ergeben (= sekundäre Größen).
- Nicht Zeit definiert Veränderung sondern Veränderung definiert Zeit.

Konstruktion eines „Mach-Universums“
durch Reduktion der Freiheitsgrade

Ohne Teilchen: Raum und Zeit nicht definiert (sinnlose Begriffe)

Ein Teilchen: Ort nicht definiert („wo“ sinnlos)

→ Ortsveränderung nicht definiert („wohin“ sinnlos)

→ Zeit nicht definiert („wann“ sinnlos)



Julian Barbour (*1937)

Teilchen	Freiheitsgrade (Newton)	unbestimmte Größen (Mach)	Freiheitsgrade (Mach)	Raumdimension
1	3	3 (Ort)	$3 - 3 = 0$	0
2	$2 \times 3 = 6$	3 (Ort) + 2 (Orientierung) + 1 (Abstand) = 6	$6 - 6 = 0$	1
3	$3 \times 3 = 9$	3 (Ort) + 3 (Orientierung) + 1 (Größe) = 7	$9 - 7 = 2$	2
4	$4 \times 3 = 12$	7	$2 - 7 = 5$	3
N	3N	7	$3N - 7$	3

Einfachstes Modelluniversum

3 Teilchen (Massen a, b, c)

Konfiguration Q = Dreieck

(zweidimensional)

Größe irrelevant

(**konforme** Geometrie)

Q nur durch Winkel bestimmt

(**Gestalt**)

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

→ nur **2 Freiheitsgrade**: α, β

Dynamisch relevant:

Konfigurationsraum K („shape space“)

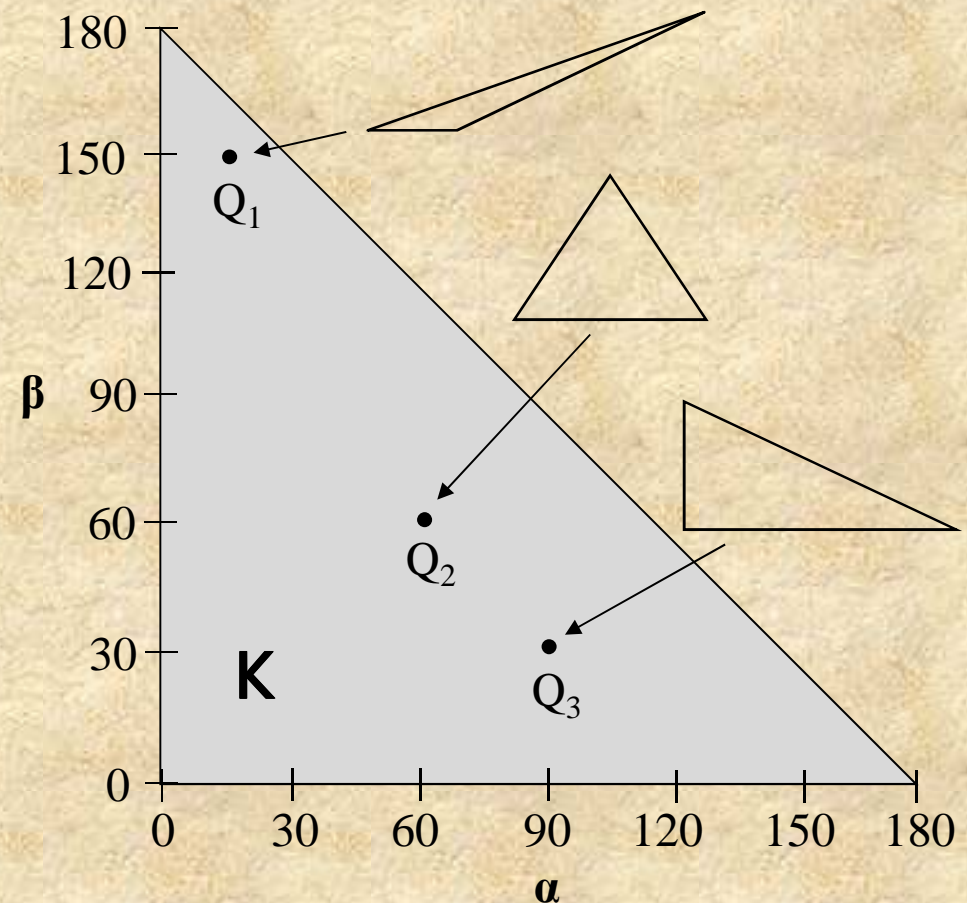
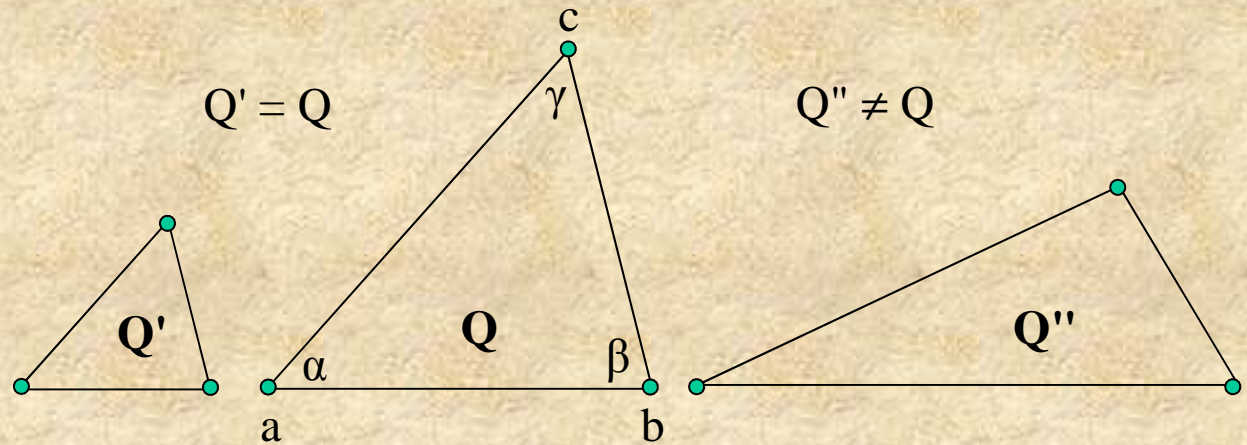
= Raum aller möglichen Konfigurationen Q

K ist zweidimensional:

Jeder Punkt Q entspricht einem Dreieck.

K ist zeitlos!

Zwei Konfigurationen werden nicht aufgrund ihrer Relation in Raum und Zeit verglichen (sie sind nicht „in“ Raum und Zeit) sondern aufgrund ihrer **inneren Eigenschaften**.



Analyse der Dynamik nach Barbour (Mach)

Kurve $Q \rightarrow Q'$ in \mathbf{K} ist nach Newton nicht eindeutig festgelegt:

C_1, C_2 Kurven mit beliebiger Energie (E) und beliebigem Drehimpuls (D)

C_0 spezielle Kurve mit $E = 0$ und $D = 0$

Lösung des Eindeutigkeitsproblems:

Prinzip der kleinsten Wirkung im Mach-Universum anwenden
(Jacobi-Version ist „zeitlos“, d.h. enthält keinen Zeitparameter!)

Wirkung erfordert Definition eines Abstands von 2 Punkten in \mathbf{K}

Abstand = minimale „Differenz“ von 2 Dreiecken („best matching“)

Jacobi-Prinzip: C_0 hat kleinste Wirkung = kürzeste Verbindung zwischen Q und Q' ,
(Geodäte in \mathbf{K})

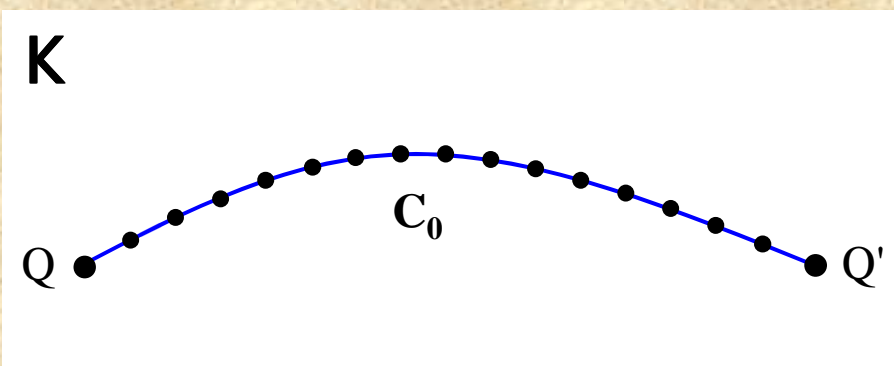
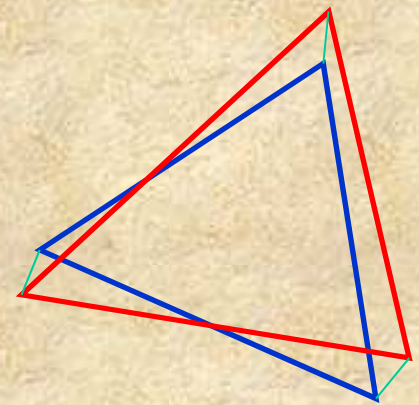
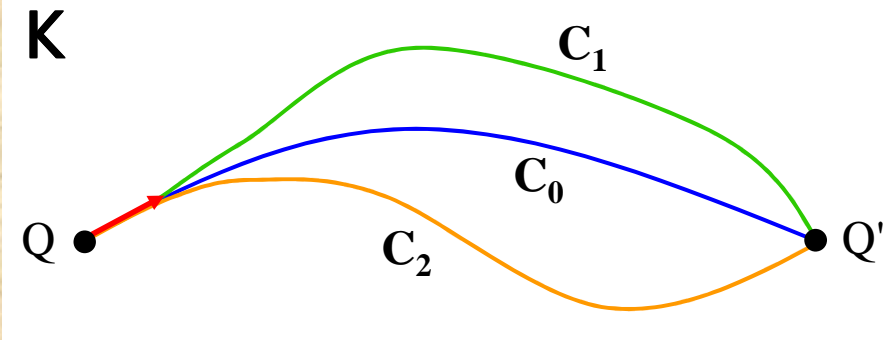
Entwicklung ist im Mach-Universum eindeutig festgelegt: **Nur C_0 ist möglich!**

Bewegung und Rotation von Q sind sinnlos.

Was ist mit der Zeit?

Minimalkurve = Anordnung einzelner **Momente** (Stapel von Konfigurationen)

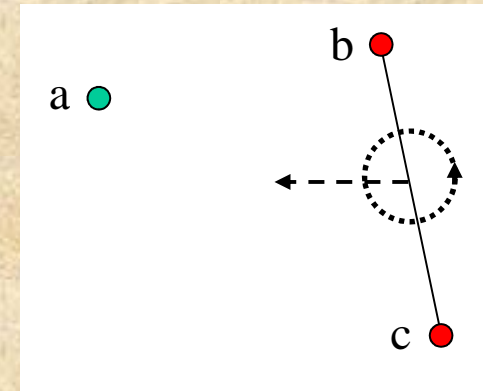
Dynamische Entwicklung im Mach-Universum ist zeitlos!



Abstandsparameter der Entwicklung („**innere Zeit**“) ist völlig willkürlich wählbar.
 Momente sind nicht „eingebettet“ in irgendeine „**äußere Zeit**“.
 „Geschwindigkeit“ der Abfolge ist nicht definiert.

Zeit ist nur in Teilsystemen des Mach-Universums definierbar:
Relativzeit = innere, dynamische Uhr (Beispiel: **Ephemeridenzeit**).

Bewegung und Rotation von Teilsystem (b, c) relativ zu a
 (Sonnensystem relativ zu Stern): **Energie und Drehimpuls beliebig**



Theorie	Gesamtsystem (Universum)	Teilsysteme (z.B. 2 Teilchen)
Newton	E, D beliebig, absolute Zeit!	E, D beliebig, Relativzeit (innere Uhr)
Mach	E, D = 0, zeitlos!	E, D beliebig, Relativzeit (innere Uhr)

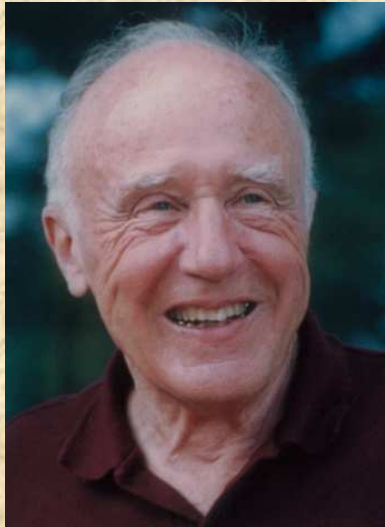
Das Mach-Universum ist in jedem einzelnen Moment in einer bestimmten Konfiguration.
 Ein Moment ist nicht „**in der Zeit**“ sondern Zeit ist allein im Moment (innere, dynamische Uhr).

Wir erleben also keine globale Zeit sondern sehen nur Momente (**Schnappschüsse**).
 Nur diese Momente sind real (Gegenwart). **Veränderung ist dagegen vorgetäuscht.**

Zeit ist eine Illusion!

Platon lässt grüßen!

Theorie der **Quantengravitation** scheitert wohl an der vorgegebenen Raum-Zeit-Struktur (Stringtheorie ist hintergrundabhängig!). Eine konventionelle Lösung ist nicht in Sicht.



John Wheeler (1911-2008): „*Zeit ist das Instrument der Natur, welches verhindert, dass alles auf einmal geschieht.*“

Quantentheorie des Universums:
Wheeler-DeWitt-Gleichung (1967)
beschreibt den Konfigurationsraum aller
Quantenzustände des Universums.

Die Wheeler-DeWitt-Gleichung ist **zeitlos!**

Barbour: konsistente Erweiterung der Machschen Dynamik auf Relativitäts- und Quantentheorie

- konforme Geometrie („shape space“)
- Ansatz für eine vereinheitlichte („zeitlose“) Physik
- Quantengravitation ohne vorgegebenen Hintergrund möglich?

Barbour ist radikal wie einst Einstein. Er wird unterstützt von führenden Theoretikern (z.B. Lee Smolin, Roger Penrose).

Fazit: Seit sich Physiker mit dem Phänomen „Zeit“ befassen, besteht wenigstens Hoffnung auf Klärung. Die Philosophie sollte ihr Scheitern eingestehen.

