*Neues aus der Welt der Wissenschaft*[\[ ORF ON Science - News : Medizin und Gesundheit - Leben \]](#)

## Wie die Relativitätstheorie überprüft werden soll

Seit geraumer Zeit suchen Wissenschaftler nach der berühmten "Theory of Everything", salopp gerne als "Weltformel" bezeichnet. Sie soll endlich ein grundlegendes Problem der Physik lösen. Denn: Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantenmechanik passen derzeit nicht so recht zusammen. Diverse Kandidaten stehen als Alternative zur Debatte. Doch Experimente, die eventuell "Fehler" in Einsteins Theorie nachweisen könnten, scheiterten bislang an der fehlenden Messgenauigkeit. NASA-Physiker wollen nun die Lösung zumindest dieses Problems gefunden haben.

Slava Turyshev und Kollegen vom Jet Propulsion Laboratory der NASA schlagen eine Versuchsanordnung vor, die das Sonnensystem als gigantisches Laboratorium verwendet. Eine tragende Rolle spielen dabei die Internationale Raumstation (ISS) sowie zwei Miniatur-Satelliten.

Der Artikel "The Laser Astrometric Test of Relativity Mission" von Slava G. Turyshev, Michael Shao und Kenneth L. Nordvedt Jr ist derzeit im E-Print-Archiv [arXiv.org](http://arXiv.org) nachzulesen.

[Abstract des Artikels mit Links zum Volltext](#)

## Das Problem mit der Gravitation

Man kennt vier physikalische Grund- oder Naturkräfte, doch nur drei davon - Elektromagnetismus sowie starke und schwache Wechselwirkung - kann die Wissenschaft mittlerweile in *einer* Theorie beschreiben.

Das Problem ist Naturkraft Nummer vier: die Gravitation. Sie entzieht sich bisher sämtlichen Versuchen einer solchen Vereinheitlichung.

## Die Suche nach der "Theory of Everything"

Doch die Physiker ruhen nicht - und suchen nach jener umfassenden Theorie, die nicht nur die vier grundlegenden Kräfte der Natur unter einen Hut bringen soll, sondern auch gleich Quantenmechanik und Allgemeine Relativitätstheorie vereint.

## Relativitätstheorie kontra Quantenmechanik

Beide sind nämlich äußerst erfolgreich: Ohne die Allgemeine Relativitätstheorie etwa wäre das Global Positioning System (GPS) nicht denkbar, der Quantenmechanik wiederum verdankt man Computer, Telekommunikation und Internet.

Zum Leidwesen der Physiker gelingt es derzeit aber nicht, diese schönen Theoriegebäude zusammen zu fassen.

→ [Einführung in die Quantenmechanik \(Universität Paderborn\)](#)

→ [Die Allgemeine Relativitätstheorie in www.quantenwelt.de](http://www.quantenwelt.de)

### Stringtheorie als Alternativ-Kandidat

Ein Kandidat für jene "Theory of Everything", kurz TOE, ist etwa die recht bizarr anmutende Stringtheorie, die alle Teilchen der Natur als Schwingungen winziger Seiten beschreibt - ganz abgesehen von gleich sieben *zusätzlichen* Raumdimensionen, die sie erfordert.

### Minimal abweichende Vorhersagen

Die Vorhersagen der diversen Stringtheorie-Varianten weichen allerdings von jenen der Allgemeinen Relativitätstheorie ab. Die Unterschiede sind jedoch so geringfügig, dass eine exakte Messung schwierig ist. Das soll der "Laser Astrometric Test of Relativity" der JPL-Forscher nun ändern.

LATOR könnte nach den Vorstellungen seiner Proponenten die Ablenkung eines Lichtstrahls durch die Schwerkraft unseres Zentralgestirns, der Sonne messen. Denn weil deren Masse den Raum krümmt, bewegen sich selbst masselose Teilchen wie Photonen - mit anderen Worten: Licht - nicht exakt geradeaus.

Sowohl Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie als auch ihre "Konkurrenten" treffen zu dieser Ablenkung Vorhersagen, die - nur minimal - voneinander abweichen.

...

---

#### Details zur Versuchsanordnung nach LATOR

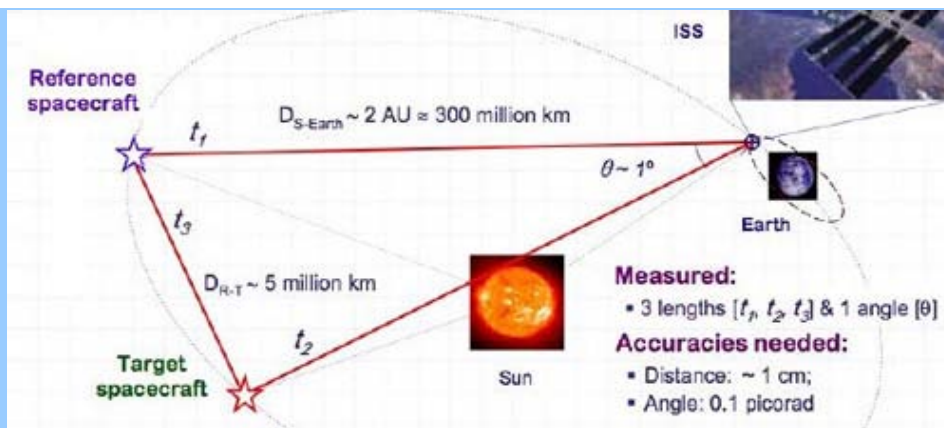
Für das Experiment wollen die Physiker sich der so genannten Laser-Interferometrie bedienen: Zwei Miniatur-Satelliten müssten dazu - etwa in der gleichen Entfernung wie die Erde, allerdings langsamer als der Planet - die Sonne umkreisen. Nach etwa 17 Monaten im Weltall sollten sich die beiden Satelliten schließlich auf der der Erde entgegengesetzten Seite der Sonne befinden. In einer Entfernung von immerhin rund fünf Millionen Kilometern voneinander wäre der Winkel zwischen den beiden von der Erde aus betrachtet mit gerade einmal einem Grad dennoch minimal.

Das Ergebnis wäre also eine Art Dreieck aus Satelliten und Erde. Wenn nun beide Satelliten einen Laserstrahl zur ISS aussenden und zudem einer dieser Strahlen dicht an der Sonne vorbeiführt, so könnte ein auf der ISS montierter Interferometer mit höchster Präzision die durch die Schwerkraft der Sonne verursachte Abweichung dieses Strahl bzw. den Winkel zwischen beiden Strahlen messen.

...

---

### Das LATOR-Experiment mit Sonne, Satelliten und Co



Schematische Darstellung der LATOR-Mission

Bis heute konnte Einstein nicht widerlegt werden - und alle Beobachtungen, die bislang auf Abweichungen von den Vorhersagen seiner Theorie hindeuten, gelten im besten Fall als umstritten.

Was die Ablenkung des Lichtstrahls angeht, verdeutlichen die Zahlen die Schwierigkeit einer exakten Überprüfung: Nach der Relativitätstheorie würde die Schwerkraft der Sonne den Strahl um nur 1,75 Bogensekunden krümmen. Eine Bogensekunde entspricht gerade einmal 1/3.600 Grad).

#### Sir Arthur Eddington als erster Prüfer

Tatsächlich hat bereits im Jahr 1919 der britische Physiker und Astronom Sir Arthur Eddington die Vorhersagen Einsteins bzw. dessen Theorie überprüft - und die Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie erstmals nachgewiesen. Allerdings im Rahmen von Experimenten, deren Genauigkeit vergleichsweise gering war.

→ [Sir Arthur Eddington in wikipedia.org](#)

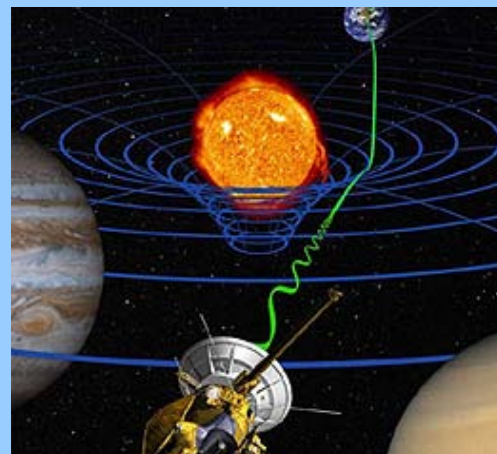
#### Bisher unerreichte Genauigkeit mit LATOR

LATOR könnte die Kontroverse nun ein für alle mal klären, meinen Turyshev und Kollegen. Denn die Genauigkeit des Experiments wäre etwa eine Milliarde mal größer als Eddingtons etwa 85 Jahre alten Messungen.

Und selbst jüngste Untersuchungen mithilfe der NASA-Sonde Cassini (siehe Bild rechts) würden mit LATOR um Längen - genauer gesagt: mit 30.000 mal größerer Genauigkeit - geschlagen.

Der Interferometer an Bord der ISS könnte den Winkel zwischen den beiden Laserstrahlen nach Angaben der JPL-Forscher mit einer Präzision von zehn *Milliardstel* einer Bogensekunde messen. Selbst leichte Abweichungen anderer Bestandteile von LATOR würden die Genauigkeit nicht wesentlich verschlechtern.

→ [Mehr zum "Einstein-Test" mittels Cassini \(NASA\)](#)



#### Mission könnte schon 2009 startklar sein

LATOR soll auf jeden Fall in der Lage sein, Abweichungen von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie in einer Größenordnung zu überprüfen, wie sie von diversen aufstrebenden "Theories of Everything" vorhergesagt werden.

Der große Vorteil von LATOR: Wie Slava Turyshev ausführt, braucht es für das Experiment nur bereits existierende Technologien.

Nach seinen Angaben könnte die Mission bereits 2009 oder 2010 starten - und dann entweder Einstein zumindest partiell entthronen, oder aber eine Vielzahl seiner derzeitigen Konkurrenten auf die Müllhalde der kosmischen Theorien verbannen.

→ [NASA Jet Propulsion Laboratory](#)

Mehr zu diesem Thema in science.ORF.at:

→ [Raumsonde soll Vorhersagen Einsteins überprüfen \(5.4.04\)](#)

→ [Relativitätstheorie: Experiment bestätigt Einstein \(29.8.03\)](#)

→ [Verjüngungskur der Speziellen Relativitätstheorie \(7.2.03\)](#)

→ [Die Zeit im Visier: Hatte Einstein unrecht? \(31.5.02\)](#)

---

[ [ORF ON Science](#) - [News](#) - [Kosmos](#) ]

IHR KOMMENTAR ZU  
DIESEM THEMA 

[justkickasses](#) | 08.04, 14:38

**das unfassbare in eine formel zu packen**

ist nicht möglich - ergo wird es keine weltformel geben

... 

[hosenbeisser](#) | 09.04, 19:41


**Man kann alles in eine Formel packen. Schon der alte Maxwell hat die ganze Elektrodynamik und noch dazu Optik in ein paar Formeln gepackt.**

Und ich habe schon seit langen das Ergebnis der Weltformel. Es lautet: 49

Für die Darstellung der Herleitung hab ich jetzt keine Zeit mehr. Es ist aber ganz einfach und findet sogar am Rand eines Telefonbuches Platz.

[seicherl](#) | 08.04, 13:31

**Die Suche nach der Weltformel - ein Mythos**

Die Suche nach der Weltformel erinnert mich an jene nach dem Missing Link der Hominidenevolution. Wissenschaften, insbesondere Naturwissenschaften und die sog. exakten Wissenschaften, leben davon durch Theorien und Hypothesen der Wahrheit näher zu rücken, aber sie letztendlich nie zu erreichen. Sie erschließen eine neue (kleinere oder größere) Dimension und dann geht wieder alles von vorne los. 


[denkentutgut](#) | 07.04, 22:13

**Liebe Leute! Bin sonst nicht kleinlich, aber:**

Da sind Euch aber wirklich Fehler passiert.

1. Schlicht falsch sind die "annähernd masselosen Photonen". Photonen sind masselos.

2. Zu behaupten, die Vereinheitlichung umfasse die em, die schwache und die starke Wechselwirkung, ist eindeutig übertrieben. Tatsächlich trifft das nur auf die em und die schwache zu. Die Quantentheorie der starken Wechselwirkung, auch Quantenchromodynamik, bezeichnen selbst Optimisten heute als "Baustelle". Pessimisten (oder Vertreter anderer Ideen) sehen sie als "Schutthaufen", aus dem nie was werden wird. Die Zukunft wird's zeigen. Gelungen ist die Vereinheitlichung der starken WW bis dato sicher nicht.

3. Stringtheorien sind in der Diskussion, nach wie vor, aber gerade ihre Reputation sank in den letzten 2, 3 Jahren beträchtlich, angesichts der bislang nicht lösbaren mathematischen Probleme dieser Ansätze. So gesehen: Eine Stringtheorie gibt's bislang nicht, es gibt Ideen dazu. Sie hier als DIE Alternative zu präsentieren, ist ein bissl ungerecht. 


[jedi](#) | 10.04, 17:29

**photonen sind masselos?**

Die Ruhemasse ist 0, aber da ein photon eine Energie trägt, hat es auch eine Masse (Masse != Ruhemasse)

[burnside](#) | 07.04, 18:30

**Und wieder eine schlechte Recherche**

Liebe Redaktion,  
der vermeintliche link zur Uni Paderborn ueber Quantenmechanik ist unbrauchbar!  
Es handelt sich um eine Darstellung einer ganz bestimmten Quantentheorie (von Ludwig, schreibt der Autor auch selber), die heute eigentlich weder gelehrt noch wirklich akzeptiert ist.  
Zudem ist es eine Homepage eines Hrn. Martin Ziegler, der im Mitarbeiterverzeichnis des Instituts gar nicht aufscheint. Ist es zu viel verlangt, die Qualitaet eines links zu pruefen, \_bevor\_ man ihn der Oeffentlichkeit praesentiert?  
Ist das nicht Teil der redaktionellen Arbeit? 

[neanderberger](#) | 07.04, 20:21

**"http://www.phys.uni-paderborn.de/" selbst ist eindeutig keine private Homepage...**

...wenn man dem in Deutschland gesetzlich vorgeschriebenen Impressum glauben darf.  
Eine kurze Mail oder ein Anruf würden sicher genügen, um jeden Zweifel auszuschließen.  
Was soll der Vorwurf also?!  
Wenn jemand um seinen Ruf besorgt sein müsste, dann doch wohl die UNI selbst?  
Meinen unmaßgeblichen Beifall hat der Link jedenfalls.

Die ORF.at-Foren sind allgemein zugängliche, offene und demokratische Diskursplattformen. Bitte bleiben Sie sachlich und bemühen Sie sich um eine faire und freundliche Diskussionsatmosphäre. Die Redaktion übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt der Beiträge, behält sich aber das Recht vor, krass unsachliche, rechtswidrige oder moralisch bedenkliche Beiträge sowie Beiträge, die dem Ansehen des Mediums schaden, zu löschen und nötigenfalls User aus der Debatte auszuschließen.

Sie als Verfasser haften für sämtliche von Ihnen veröffentlichte Beiträge selbst und können dafür auch gerichtlich zur Verantwortung gezogen werden. Beachten Sie daher bitte, dass auch die freie Meinungsäußerung im Internet den Schranken des geltenden Rechts, insbesondere des Strafgesetzbuches (Üble Nachrede, Ehrenbeleidigung etc.) und des Verbotsgesetzes, unterliegt. Die Redaktion behält sich vor, strafrechtlich relevante Tatbestände gegebenenfalls den zuständigen Behörden zur Kenntnis zu bringen.

Die Registrierungsbedingungen sind zu akzeptieren und einzuhalten, ebenso Chatiquette und Netiquette!

[Übersicht: Alle ORF-Angebote auf einen Blick](#)