

Jocelyne Lopez

Webseite:

[Kritische Stimmen zur Relativitätstheorie](#)



Bürgeranfrage über das LIGO-Experiment zum Nachweis von Gravitationswellen

Das Albert Einstein Institut hat sich maßgeblich durch die Entwicklung der Detektoren an das LIGO-Experiment beteiligt, das kürzlich in den Massenmedien als Nachweis von Gravitationswellen nach den Vorhersagen Albert Einsteins vorgestellt wurde.

Da diese Beteiligung des Albert Einstein Instituts mit Steuermitteln finanziert wurde, bemühe ich mich als interessierte Bürgerin im Rahmen des Informationsfreiheitsgesetzes eine nachvollziehbare Aufklärung über die unglaubliche Messgenauigkeit der veröffentlichten Messergebnisse zu erhalten.

Nachstehend die Zusammenstellung des bisherigen Schriftwechsels in dieser Angelegenheit (wird fortlaufend aktualisiert):

1) 01.04.2016: Anfrage von Jocelyne Lopez an Prof. Hermann Nicolai, Direktor, Albert Einstein Institut:

Von: **Jocelyne Lopez**

An: **Professor Dr. Hermann Nicolai**, Stellvertretender Geschäftsführender und Direktor (AEI Potsdam-Golm) – hermann.nicolai @aei.mpg.de

cc:

Prof. Dr. Alessandra Buonanno, Direktorin AEI alessandra.buonanno @aei.mpg.de;

Prof. Dr. Bruce Allen, Direktor AEI – bruce.allen @aei.mpg.de

Prof. Dr. Karsten Danzmann – Direktor AEI karsten.danzmann @aei.mpg.de

Prof. Dr. Dr. h.c. Bernard F. Schutz, Direktor AEI bernard.schutz @aei.mpg.de

Dr. Elke Mueller, Pressereferentin AEI Potsdam – elke.mueller @aei.mpg.de

Prof. Dr. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung – Information @bmbf.bund.de

Betr.: Messgenauigkeit bei dem LIGO-Experiment zur Messung von Gravitationswellen

Datum: 01.04.2016

Sehr geehrter Herr Professor Nicolai,

2007 ließ die damalige Ministerin für Bildung und Forschung, Frau Annette Schavan, durch ihren Referenten Prof. Dr. Jürgen Richter auf eine Bürgeranfrage von mir antworten, dass das Albert Einstein Institut in Potsdam-Golm qualifiziert und zuständig sei, Fragen über die Relativitätstheorie an die interessierte Öffentlichkeit zu beantworten. Dies wurde insbesondere auch durch die Gründung einer neuen, preisgeehrten Einrichtung im Internet des Max Planck Instituts für Gravitationsphysik „*Einstein online*“ zur Vertiefung von Fragestellungen von interessierten Bürgern konkretisiert.

Ich beziehe mich wiederum als interessierte Bürgerin auf das Informationsfreiheitsgesetz und bitte Sie, im öffentlichen Interesse die folgende Fragestellung im Zusammenhang mit dem LIGO-Experiment durch Ihr Institut beantworten zu lassen:

Ich habe von befreundeten Physikern, sowie auch in Physikforen, von starken Zweifeln an der technischen Möglichkeit und Aussagekraft dieser Messergebnisse gelesen, und zwar hinsichtlich der Genauigkeit, die notwendig gewesen wäre, um daraus auf die Entdeckung von Gravitationswellen nach den Vorhersagen Albert Einsteins zweifelsfrei zu schließen.

Der Physiker und Redaktionsleiter der Neue Zürcher Zeitung (NZZ), Christian Speicher, drückt zum Beispiel auch öffentlich seine Skepsis in seinem Artikel vom 17.02.2016 [Der Sirengesang der Gravitationswellen](#) aus, wo er u.a. die Messstrecke von 4 km auf die Entfernung zum Mond hochskaliert: *“Selbst der riesige Abstand zwischen Erde und Mond würde sich also um weniger als den Durchmesser eines Wasserstoffatoms verändern.”* Auch ein Laie kann einsehen, dass dergleichen nicht ohne weiteres messbar ist.

Ein befreundeter Physiker teilte mir mit, dass die höchste bisher durch den Mößbauereffekt erzielte relative Genauigkeit bei $10^{(-15)}$ läge. Professor Theodor Hänsch habe gehofft, mit Hilfe des Frequenzkamms nicht nur diese Genauigkeit zu erreichen, sondern sie sogar bis auf $10^{(-18)}$ zu verbessern. Wie nun allerdings die relative Genauigkeit mit weitgehend konventionellen Mitteln unter Verwendung sichtbaren Lichts um einen weiteren Faktor 1000 auf $10^{(-21)}$ gesteigert werden konnte, könne er mir auch nicht sagen. Er könne sich vorstellen, dass auch auf anderen Gebieten, z.B. bei der Überprüfung extrem kleiner Effekte, die durch die Relativitätstheorien vorhergesagt werden, derartige Fortschritte sich als fruchtbar erwiesen haben – allerdings habe er davon noch nichts gehört.

Da das Albert Einstein Institut nach eigener Pressemitteilung die Detektoren zur Durchführung der LIGO-Messungen entwickelt und getestet, sowie die Messung von Gravitationswellen aus der Verschmelzung von zwei Schwarzen Löchern bestätigt hat (<http://www.aei.mpg.de/gwdetektion>), bitte ich Sie, sehr geehrter Herr Professor Nicolai, im Interesse der Allgemeinheit mir folgende Fragen zu

beantworten:

1. Mit welcher neuen Technik konnte die Verschiebung eines 40 kg schweren Spiegels um den Bruchteil eines Atombdurchmessers im Vergleich zu einer Messstrecke von 400 000 km festgestellt werden?

Diesen anschaulichen Vergleich konnte ich der Neuen Züricher Zeitung vom 17. Februar 2016 entnehmen. Die Messung eines so außerordentlich winzigen Effekts kommt mir als Physiklehrer als unbegreifliches Wunder vor, zumal wie oben dargelegt die bisher international anerkannte Spitzenleistung der Mößbauer-Genauigkeit um den Faktor eine Million hinter der fantastischen Leistung der LIGO-Detektoren zurückbleibt!

Als naturwissenschaftlich interessierte Physiklehrer bitte ich um eine Aufklärung auf allgemein verständliche Weise über diese großartige Verbesserung der Messtechnik.

2. Wie oft, bei welchen Messungen und mit welchen Messmethoden sind solche Messgenauigkeiten bisher erzielt worden?

Die Antwort sollte für jeden Fall Messanordnung, evt. Messstrecke, Ort, Zeit und verantwortlichen Leiter der Messung sowie die Veröffentlichung benennen.

Außerdem sollte für jede Messung von dem leitenden Wissenschaftler der Grad der Messgenauigkeit angegeben werden, also der mögliche Messfehler.

Ich danke im Voraus für Ihre Antwort im Interesse der Allgemeinheit innerhalb der Frist von einem Monat und verbleibe

mit freundlichen Grüßen
Jocelyne Lopez

2) 05.04.2016 - Antwort von Prof. Hermann Nicolai

Von: **Hermann Nicolai**

An: **Jocelyne Lopez**

Cc: Alessandra Buonanno; Bruce Allen; danzmann @aei.mpg.de; emueller @aei.mpg.de; benjamin .Knispel @aei.mpg.de; poststelle @bmbf-bund.de-mail.de

Betr. : Messgenauigkeit bei dem LIGO-Experiment zur Messung von

Gravitationswellen

Datum: 05.04.2016

Sehr geehrte Frau Lopez,

gerne beantworten wir Ihre Fragen rund um das LIGO-Experiment, dessen erster direkter Nachweis von Gravitationswellen im Februar durch die Weltpresse gegangen ist.

Sie haben uns zwei Fragen zugesendet. Unsere Antworten finden Sie im folgenden. Wo es zur Erklärung geeignete zusätzliche Online-Materialien oder Fachveröffentlichungen gibt, haben wir diese für Ihr weiteres Studium als numerische Referenzen im Text angegeben und am Ende der Email verlinkt.

1. Mit welcher neuen Technik konnte die Verschiebung eines 40 kg schweren Spiegels um den Bruchteil eines Atomdurchmessers im Vergleich zu einer Messstrecke von 400 000 km festgestellt werden?

Vorweg: Die größte Auswirkung der am 14. September 2015 gemessenen Gravitationswellen war eine relative Längenänderung der LIGO-Messstrecken um etwa den tausendsten Teil eines Atomkerndurchmessers; das ist ein 100 Millionstel eines Atomdurchmessers. Die Messstrecken der LIGO-Detektoren sind vier Kilometer, nicht 400.000 Kilometer lang [1]. Das entspricht einer relativen Längenänderung von 10^{-21} .

Bei dieser hochpräzisen Messung handelt es sich jedoch nicht um ein „unbegreifliches Wunder“ sondern um das Ergebnis von vielen Jahrzehnten Grundlagenforschung auf höchstem Niveau dar. In anderen Worten: Wenn der Nachweis leicht und offensichtlich gewesen wäre, wäre er schon längst gelungen. Grundsätzlich lässt sich aus der Unbegreiflichkeit einer Aussage nicht auf den ihren Wahrheitsgehalt schließen.

Die von Gravitationswellen verursachten winzigen Längenänderungen werden mit Hilfe von Laser-Interferometern gemessen. Das Prinzip dahinter: Ein halbdurchlässiger Spiegel teilt einen einfallenden Laserstrahl. Die entstehenden beiden senkrecht zueinander verlaufenden Teilstrahlen durchlaufen die Messstrecken, werden reflektiert, am Strahlteiler wieder überlagert und das Ergebnis mit einem Photodetektor registriert.

Da das Interferometer so eingestellt ist, dass die Lichtwellen der beiden reflektierten Teilstrahlen im Gegentakt schwingen, löschen sie sich bei Überlagerung gegenseitig aus; der Ausgang des Interferometers bleibt dunkel. Eine Gravitationswelle verändert jedoch die Länge der beiden Messstrecken: sie dehnt die eine und staucht die andere Strecke. So kommen die Teilstrahlen außer Takt und löschen sich nicht mehr vollständig aus; am Ausgang erscheint ein Signal. Eine allgemeinverständliche Erklärung der zugrunde liegenden Vorgänge dazu gibt es vom Leiter des Hauses der Astronomie unter [2].

Weil Sie die Masse des Spiegels explizit erwähnten: diese spielt keine Rolle in der Stärke der Auslenkung, die die Gravitationswellen verursachen.

Ob der Spiegel also 40 Gramm oder 40 Kilogramm wiegt, ist unerheblich, weil die Raumzeit selbst durch die Gravitationswellen verformt wird und die darin befindlichen Objekte mitgenommen werden. Eine hohe Spiegelmasse verringert jedoch im Detektor entstehende Rauschquellen, die die Messgenauigkeit beeinflussen.

In den heutigen interferometrischen Gravitationswellen-Detektoren wird das Licht spezieller und sehr leistungsfähiger Laserlichtquellen eingesetzt, deren Helligkeit, Wellenlänge, Strahlform und Strahlage hochpräzise kontrolliert und stabilisiert werden. Denn nur so lässt sich sicherstellen, dass beobachtete Helligkeitsänderungen am Interferometer-Ausgang nicht vom Laser selbst ausgelöst werden [3].

Neben den neuen Lasersystemen sind weitere technologische Neuentwicklungen zwischen Ende 2010 und Mai 2015 in die Advanced LIGO-Detektoren eingebaut worden, die alle zu einer deutlichen Steigerung der Empfindlichkeit beigetragen haben: neue Endspiegel (Testmassen) mit verbesserten monolithischen Aufhängungen und bessere seismische Isolierungssysteme, die die Messungen störende Bodenbewegungen filtern, Leistungsüberhöhung, die die Laserleistung im Interferometer erhöht und somit die Messgenauigkeit verbessert und Signalüberhöhung mit der sich die Signalextraktion am Ausgang verbessern lässt. Alle entscheidenden Verbesserungen finden Sie – neben der Beschreibung der ersten Messung – in der Entdeckungsveröffentlichung [1].

2. Wie oft, bei welchen Messungen und mit welchen Messmethoden sind solche Messgenauigkeiten bisher erzielt worden?

Die Empfindlichkeit aller Gravitationswellen-Detektoren wird kontinuierlich überwacht und kalibriert, denn nur so lassen sich Messungen wissenschaftlich auswerten.

Dazu können die Endspiegel der Detektoren gezielt bewegt werden. Dies geht beispielsweise mittels eines Hilfslasers, der auf die Endspiegel leuchtet und dort reflektiert wird. Dabei üben dessen Photonen einen Strahlungsdruck auf den Spiegel aus und bewegen diesen minimal. Dies ist dann ein rein mechanisches Problem, so dass sich über die einstellbare Laserleistung gezielte Auslenkungen des Endspiegels mit bekannter Amplitude einstellen lassen.

Daneben kommen zwei weitere unabhängige Methoden zur Kalibration zum Einsatz. Diese Kalibration von Advanced LIGO ist in aller Ausführlichkeit in der Veröffentlichung „Calibration of the Advanced LIGO detectors for the discovery of the binary black-hole merger GW150914“ beschrieben, die öffentlich verfügbar ist [4].

Damit ist zu jedem Zeitpunkt bekannt, wie hoch die Messgenauigkeit der Detektoren ist. Seit September 2015 liegt sie um rund einen Faktor fünf höher als vor dem Upgrade der LIGO-Detektoren, das von Ende 2010 bis Mai 2015 andauerte. Die entsprechenden gemessenen Empfindlichkeitskurven finden Sie rechts oben in Abb. 3 in [1].

Bislang gab es nur einen direkten Nachweis von Gravitationswellen, den eingangs erwähnten am 14. September 2015 durch beide unabhängig messenden Advanced LIGO-Detektoren. Das Signal wurde in 16 ausgewerteten Tagen von insgesamt vier Monaten aufgenommener Messdaten gefunden. Es wurden aber auch noch nicht sämtliche Daten ausgewertet, so dass weitere Entdeckungen möglich sind [1].

In Abb. 3 von [1] sehen Sie auch wie groß das ständig im Detektor vorhandene Rauschen im Vergleich zur gemessenen Gravitationswelle ist, also die von Ihnen angefragte Messgenauigkeit. Im empfindlichsten Bereich der Advanced LIGO-Detektoren bei etwa 200 Hertz liegt das Rauschen (rund 10^{-23} pro Wurzel Hertz) um den Faktor 100 unter gemessenen Signalstärke von 10^{-21} .

Unter [5] finden Sie alle zum ersten direkten Nachweis von Gravitationswellen erschienen wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Unter [6] finden Sie eine deutschsprachige und allgemeinverständliche Erklärung der ersten direkten Messung von Gravitationswellen.

In der Zukunft wird sich die Messgenauigkeit der Advanced LIGO-Detektoren weiter verbessern. Im September 2016 beginnt der nächste gemeinsame Messlauf, an dem auch der Virgo-Detektor in Italien teilnehmen soll. Ziel ist es, die Empfindlichkeit in diesem Messlauf noch einmal um 60% zu steigern. Es ist daher nur eine Frage der Zeit, bis das internationale Detektornetzwerk regelmäßig Gravitationswellen von verschmelzenden schwarzen Löchern und anderen Quellen nachweist.

Mit freundlichen Grüßen,
H. Nicolai

[1] <http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.116.061102>

[2] <http://www.scilog.de/relativ-einfach/gravitationswellendetektoren-wie-sie-funktionieren-gw-teil-2/>

[3] <https://www.osapublishing.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-20-10-10617>

[4] <https://dcc.ligo.org/LIGO-P1500248/public/main>

[5] <https://www.ligo.caltech.edu/page/detection-companion-papers>

[6] <http://www.ligo.org/science/Publication-GW150914/science-summary-german.pdf>

3) 14.04.2016 - Rückfrage von Dr. Wolfgang Engelhardt, Physiker und ehemaliger Mitarbeiter am Max Planck Institut für Plasmaphysik in Garching:

Von: **Wolfgang Engelhardt**

An : **Prof. Hermann Nicolai**, Albert Einstein Institut

Cc: Jocelyne Lopez; Alessandra Buonanno ; Bruce Allen; danzmann @ aei.mpg.de; emueller @ aei.mpg.de; benjamin .Knispel @ aei.mpg.de; Johann Grolle

Betr. : Nachweis von Gravitationswellen

Datum: 14.04.2016

Sehr geehrter Herr Professor Nicolai,

im Internet habe ich die Anfrage von Frau Lopez bezüglich des Ligo-Experiments, sowie Ihre Antwort gelesen. Es hat mich überrascht, dass Sie Frau Lopez zutrauen, sie hätte nicht gewusst, dass das Experiment in USA und nicht zwischen Erde und Mond stattgefunden hat. Frau Lopez, die ich als eine interessierte, kenntnisreiche Person mit solidem gesunden Menschenverstand kenne, hatte sich ausdrücklich auf einen Vergleich in der Neuen Züricher Zeitung bezogen, wo Herr Speicher sowohl Spiegelverschiebung als auch Messstrecke um einen Faktor 100 000 hochskaliert hatte. Mein Sohn, der von Beruf Maschinenbauer ist, hat einen Faktor 10^{13} in Anschlag gebracht und landete bei einer Haaresbreite von 10 Mikron für die Spiegelverschiebung und 4 Lichtjahren für die Messstrecke. Er bat mich als Physiker um Stellungnahme, aber ich konnte auch nur in ungläubigem Staunen den Kopf schütteln.

Die bei Ligo erzielte, unfassliche relative Genauigkeit von 10^{-21} übertrifft jene des Mößbauer-Effekts, die seinerzeit eine Nobelpreis-würdige Sensation war, um einen weiteren Faktor von einer Million. Dafür allein wäre ein Nobelpreis fällig, doch die fantastische Leistung der Experimentatoren ging ziemlich sang- und klanglos über die Bühne. Vielleicht weil ganz konventionelle Mittel wie Michelson- und Fabry-Perot Interferometer verwendet wurden. Nicht einmal ein Frequenzkamm, der eine ähnliche Relativ-Genauigkeit wie der Mößbauer-Effekt erlaubt, kam – soweit ich weiß – zum Einsatz.

Sie können sich vielleicht vorstellen, dass auch einem Physiker, der nicht unmittelbar beteiligt war, so wie jene ca. 1000 Wissenschaftler in den Autorenlisten der diversen Reports, eine Reihe von Fragen hochkommen, um deren Beantwortung ich Sie nun bitte, weil sich auch mir die Erklärungen im spezialisierten Fachjargon nicht ohne Weiteres erschließen.

Es musste offenbar eine Phasenverschiebung von 10^{-18} m / 10^{-6} m = 10^{-12} gemessen werden. Michelson war glücklich, ein paar Bruchteile eines Streifens nachweisen zu können. Eine Verbesserung seines Interferometers um ca. 12 Größenordnungen hätte vermutlich auch seine Vorstellungskraft gesprengt. Da man bei Ligo in destruktiver Interferenz arbeitet, bedeutete diese Phasenverschiebung eine Aufhellung des Dunkelfelds, so dass die Lichtamplitude nun 10^{-12} mal kleiner als die Amplitude im Hellfeld bei konstruktiver Interferenz war. Für die Intensität ergibt sich damit, dass eine Lichtleistung von 10^{-24} der zirkulierenden Laserleistung von 100 kW gemessen werden musste. Meine Frage also:

1) Wie hat man es erreicht, das allgegenwärtige Falschlicht um den gigantischen Faktor von 10^{-24} im Vergleich zum Primärlicht zu reduzieren?

Bei einem Thomson-Streuexperiment am Plasma hatte ich einmal mit einem Faktor 10^{-12} zu kämpfen. Wie man das Falschlicht um weitere 12 Größenordnungen im Vergleich zum Primärlicht unterdrücken kann, hätte ich damals gerne gewusst.

Perfekte destruktive Interferenz setzt voraus, dass die Lichtamplituden in den beiden Interferometerarmen auf 10^{-12} genau gleich sind. Ein realer beam splitter bringt das nicht zuwege. Deshalb meine Frage:

2) Wie erreicht man, dass die Lichtamplituden in den beiden Armen sich um weniger als den Faktor 10^{-12} unterscheiden? Und wie stellt man sicher, dass diese Präzision über Monate hinweg genauestens eingehalten wird?

Die Eichung des Detektors wurde offenbar durch Strahlungsdruck auf die Spiegel vorgenommen. Für eine Verschiebung von 10^{-18} m innerhalb 0.2 s benötigt man eine Lichtleistung von ca. 10^{-7} W. Gerne hätte ich eine Eichkurve gesehen, in der die Verschiebung (in die übrigens die Spiegelmasse eingeht) gegenüber der Lichtleistung aufgetragen ist. Diese Information konnte ich den Reports nicht entnehmen. Vielleicht ist sie aber irgendwie verfremdet vorhanden? Nachdem im Interferometer Lichtleistungen von 100 kW zirkulieren, würden geringfügige Schwankungen um einen Faktor 10^{-12} die Spiegel um einen Betrag verschieben, der das zu messende Signal vergleichbar mit seiner erwarteten Größe verfälscht. Daher meine dritte Frage:

3) Wie hält man die Laserleistung im Interferometer auf den Faktor 10^{-12} genau konstant?

Soweit meine drängendsten Fragen, die nur die angewandte Experimentierkunst betreffen. Auf die Diskussion des Experimentierziels möchte ich mich an dieser Stelle nicht einlassen. Sie scheint in der Öffentlichkeit einen viel breiteren Raum einzunehmen, als die Konzentration auf die Experimentalphysik.

Ich bin sicher, dass im Einstein-Institut, das in die Ligo-Messungen involviert war und noch ist, genügend Expertise existiert, um auf meine Fragen befriedigende Antworten geben zu können. Wenn möglich sollten sie in allgemein verständlicher Sprache gegeben werden, denn dem Laien – jedoch auch dem Physiker – der sich meist mit anderen Gegenständen befasst, ist es schwerlich zumutbar, sich durch die hochspezialisierte Fachliteratur durchzuarbeiten.

In Erwartung einer ebenso freundlichen, aber doch erweiterten Antwort, die Sie bereits Frau Lopez gegeben haben, sende ich

Ihnen meine besten Grüße:
Wolfgang Engelhardt

4) 14.04.2016 - Antwort von Prof. Hermann Nicolai auf die Rückfrage von Dr. Engelhardt vom 14.04.2016:

Von: **Hermann Nicolai**
An: **Wolfgang Engelhardt**
Kopie (CC): danzmann @aei.mpg.de, benjamin.knispel @aei.mpg.de
Betr.: Re: Nachweis von Gravitationswellen
Datum: 14.04.2016

Sehr geehrter Herr Engelhardt,

bitte haben Sie Verstaendnis, dass ich nicht weiter und ueber das hinaus, was ich bereits gesagt habe, auf Ihre nun schon sehr ins Detail gehenden Fragen antworten kann — vor allem, weil ich selbst kein Experte fuer Laserphysik bin. Die von Ihnen erbetenen Informationen koennen Sie den einschlaegigen Publikationen entnehmen, wenn auch nicht immer in einer fuer Laien verstaendlichen Form.

Mit freundlichen Gruessen,
H. Nicolai

5) 14.04.2016 - Rückfrage von Dr. Wolfgang Engelhardt an Prof. Karsten Danzmann:

Von: **Wolfgang Engelhardt**

An: **Prof. Karsten Danzmann**, Direktor, Albert Einstein Institut

Cc: Hermann Nicolai; benjamin.knispel @aei.mpg.de; Jocelyne Lopez

Betreff: Re: Nachweis von Gravitationswellen

Datum: 14.04.2016

Sehr geehrter Herr Professor Danzmann,

es tut mir leid, dass ich Herrn Prof. Nicolai mit meinen Fragen überfordert habe. Ich hatte übersehen, dass er ja gar nicht unter den Autoren der Ligo-Veröffentlichung aufgelistet ist und sich deshalb mit dem Prinzip der interferometrischen Gravitationswellenmessung wohl nie beschäftigt hat.

Bei Ihnen ist das anders. Sie sind co-Autor und mit der Laserinterferometrie bestens vertraut, wie ich Ihrer homepage entnehme. Es wird Ihnen daher ein Leichtes sein, meine drei Fragen zu beantworten, die gelöst sein müssen, damit überhaupt eine erfolgreiche Messung von Gravitationswellen möglich ist. Es handelt sich also um keine Detailfragen, wie Herr Nicolai meint, sondern um Grundsatzfragen, die das Messprinzip betreffen. Schließlich ist es kein Pappentier, eine Phasenverschiebung von 10 (-12) nachzuweisen. Dies erfordert messtechnische Voraussetzungen, die nicht selbstverständlich sind, aber grundsätzlich sichergestellt sein müssen. Leider sind die Publikationen nicht explizit genug, als dass man die Antworten auf meine Fragen dort unmittelbar auffinden könnte.

Der Vorgang ist Ihnen bekannt: Anfrage von Frau Lopez – erste Antwort von Herrn Nicolai – Anfrage von mir – untenstehende Antwort von Herrn Nicolai. Frau Lopez hat den Briefwechsel ins Internet gestellt:

<http://www.kritik-relativitaetstheorie.de/2016/02/kritische-stellungnahmen-zur-neuen-angeblichen-sensation-der-bestaetigung-der-relativitaetstheorie-ligo-messungen/#comment-7981>.

Soweit ich sehe, stand auch Ihre Adresse in Kopie immer auf den Emails.

In Erwartung Ihrer kompetenten Antwort sende ich Ihnen meine besten Grüße:
Wolfgang Engelhardt

6) 20.04.2016 – E-Mail von Dr. Wolfgang Engelhardt an Prof. Karsten Danzmann, Direktor, Albert Einstein Institut

Von: **Wolfgang Engelhardt**

An: **Prof. Karsten Danzmann**, Albert Einstein Institut, danzmann@aei.mpg.de; alessandra.buonanno @aei.mpg.de; bruce.allen @aei.mpg.de;emueller @aei.mpg.de; Benjamin.Knispel @aei.mpg.de; Martin Stratmann ; beck @gv.mpg.de ; nicolai@aei.mpg.de ; Poststelle@bmbf-bund.de-mail.de ; mjengelhardt @gmx.co.uk ; gerdidecker @t-online.de ; katherinawolter @freenet.de

Cc: Jocelyne Lopez; Christian Speicher; johann.grolle @spiegel.de ; christopher.schrader @sueddeutsche.de ; Klaus von Saucken ; ojk @ipp.mpg.de ; Hermann Rothermel;

Betr.: Gravitationswellen Experiment LIGO

Datum: 20.04.2016

Sehr geehrter Herr Professor Danzmann,

leider sind Sie meiner Bitte, die Erfüllung der messtechnischen Grundvoraussetzungen des interferometrischen Gravitationswellen-Nachweises zu erklären, bislang nicht nachgekommen. Inzwischen ist allerdings klar, dass selbst bei idealer Erfüllung aller Voraussetzungen der Photonenfluss viel zu gering ist, als dass die von Ihren amerikanischen Freunden veröffentlichten Signale damit in Einklang zu bringen wären. Ich habe die entsprechenden Abschätzungen auf Deutsch *)

(<http://www.scilog.de/relativ-einfach/gravitationswellendetektoren-wie-sie-funktionieren-gw-teil-2/#comment-23013>

und auf Englisch **)

(https://www.researchgate.net/post/Does_a_Fraudulent_Joke_stand_behind_the_Discovery_of_Gravitational_Waves/8 ins Internet gestellt. Die veröffentlichten Signale beziehen sich offenbar auf theoretische Simulationsrechnungen und nicht auf reale Messungen.

Im Internet ist bereits unverblümt von „Betrug“ die Rede. Ich rate Ihnen daher dringend, sich umgehend von den unseriösen amerikanischen Veröffentlichungen zu distanzieren, damit Ihre persönliche Glaubwürdigkeit, aber auch der wissenschaftliche Ruf Ihres Instituts keinen Schaden nimmt. Als ehemaligem Angehörigen des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik liegt mir der Ruf unserer Institute besonders am Herzen.

Wie Frau Lopez, die den bisherigen Schriftwechsel ins Internet gestellt hat (<http://www.kritik-relativitaetstheorie.de/Anhaenge/Anfrage%20LIGO-Experiment.pdf>), in dieser Sache weiter verfährt, ist ihre Sache. Auf jeden

Fall bewundere ich ihre Instinktsicherheit, mit der sie sofort die Fragwürdigkeit der Ligo-Messungen erkannt hat. Schon einmal hat ihre Hartnäckigkeit beim Neutrino-Experiment dazu geführt, dass die PTB nach drei Jahren einräumen musste, die Synchronisation der Uhren zwischen CERN und Gran Sasso wegen mangelnden Einblicks in die verwendete Software nicht mit der nötigen Sorgfalt durchgeführt zu haben. Ich hoffe, dass sich in Ihrem Institut die Einsicht in die Unhaltbarkeit der Ligo-Messungen schneller durchsetzt.

Mit freundlichen Grüßen
Wolfgang Engelhardt

**) Selbst wenn alle Voraussetzungen für eine erfolgreiche Messung ideal gegeben sind, nämlich*

*1) Exakte Amplitudengleichheit der beiden interferierenden Teilstrahlen
2) Unterdrückung des Falschlichts um einen Faktor 10^{-24} gegenüber dem Primärlicht*

3) Exakte Konstanz der Lichtleistung um schwankenden Strahlendruck auf die Spiegel zu vermeiden erhebt sich noch immer ein Empfindlichkeitsproblem. Wenn sich ein Spiegel um $1/1000$ eines Protonenradius verschoben hat, wie behauptet, ergibt sich eine Phasenverschiebung von $2\pi \cdot 10^{-18} \text{ m} / 10^{-6} \text{ m} = 2\pi \cdot 10^{-12}$. Bei destruktiver Interferenz hellt sich die Amplitude im Dunkelfeld um diesen Faktor mal die Amplitude im Hellfeld (konstruktive Interferenz) auf. Somit ist die zu messende Intensität 36×10^{-24} mal die zirkulierende Lichtleistung von 100 kW im Interferometer. Rechnet man diese Leistung in den zugehörigen Photonenfluss $dN/dt = \text{Lichtleistung}/(h f)$ um, so erhält man gerade mal 20 Photonen/Sekunde, also für den "Verschmelzungsprozess" etwa 4 Photonen. Zu dem veröffentlichten Signal mit einem angeblichen Signal/Rauschverhältnis von ca. 20 gehört aber ein ungleich höherer Fluss von infraroten Photonen. Es gibt nur einen plausiblen Schluss:

Das veröffentlichte Signal entstammt einer rechnerischen Simulation, aber keiner realen Messung.

****) The alleged motion of a mirror by $1/1000$ of a proton radius results in a phase shift between the two recombining interferometer beams of $2\pi \cdot 10^{-18} \text{ m} / 10^{-6} \text{ m} = 2\pi \cdot 10^{-12}$. As Ligo is working in destructive interference, the light amplitude in the dark field would be $2\pi \cdot 10^{-12}$ of the light amplitude in the bright field where the interference is constructive. The intensity to be measured is then 36×10^{-24} times the circulating laser power of 100 kW. Expressing this light intensity as a photon flux one obtains about 20 photons/s, or 4 photons for the merging event. The signal presented to the public with a s/n ratio of 20 is certainly composed of many many more photons.*

The inevitable conclusion is then: We were confronted with a theoretical

simulation, not with a real measurement. Can we call this "fraud"? I think we can...

7) **24.04.2016 – E-Mail von Jocelyne Lopez an Prof. Karsten Danzmann, Direktor, Albert Einstein Institut**

Von: **Jocelyne Lopez**

An: **Prof. Karsten Danzmann**, karsten.danzmann@aei.mpg.de;

cc: hermann.nicolai@aei.mpg.de; wolfgangw.engelhardt@t-online.de; alessandra.buonanno@aei.mpg.de; bruce.allen@aei.mpg.de; bernard.schutz@aei.mpg.de; elke.mueller@aei.mpg.de; benjamin.Knispel@aei.mpg.de; Information@bmbf.bund.de;

Betr.: Messgenauigkeit bei dem LIGO-Experiment zur Messung von Gravitationswellen

Datum: 24.04.2016

Sehr geehrter Herr Professor Danzmann,

es ist aus meiner Sicht im höchsten Maßen befremdlich, dass das Albert Einstein Institut nicht bereit bzw. nicht in der Lage ist, die 3 fachlichen Grundsatzfragen von Dr. Wolfgang Engelhardt zur Klärung der unglaublichen Messgenauigkeit der veröffentlichten LIGO-Meßergebnisse zu beantworten, die Ihnen in Kopie seit dem 14.04.2016 auch vorliegen.

Ich darf als naturwissenschaftlich interessierte Bürgerin und als Steuerzahlerin im Rahmen des Informationsfreiheitsgesetzes erwarten, dass die erfragten Informationen über dieses sehr teure Experiment im öffentlichen Interesse mitgeteilt werden. Ich darf wiederum davon ausgehen, dass Sie als Direktor am Albert Einstein Institut und als co-Autor der offiziellen Publikation des Experiments sowohl zuständig als auch qualifiziert sind, diese Grundsatzfragen selbst zu beantworten bzw. von qualifizierten co-Autoren aus Ihrem Institut beantworten zu lassen.

Ich bitte daher weiterhin um die Beantwortung der folgenden Fragen aus der Anfrage von Dr. Wolfgang Engelhardt vom 14.04.2016:

1) Wie hat man es erreicht, das allgegenwärtige Falschlicht um den gigantischen Faktor von $10^{(-24)}$ im Vergleich zum Primärlicht zu reduzieren?

2) Wie erreicht man, dass die Lichtamplituden in den beiden Armen sich um weniger als den Faktor $10^{(-12)}$ unterscheiden? Und wie stellt man sicher, dass diese

Präzision über Monate hinweg genauestens eingehalten wird?

3) Wie hält man die Laserleistung im Interferometer auf den Faktor 10^{-12} genau konstant?

sowie aus der Ansprache von Dr. Engelhardt an Sie vom 20.04.2016:

4) Sollen Wissenschaftler und Öffentlichkeit glauben, dass das veröffentlichte glatte Signal, welches angeblich als Folge der Verschmelzung von zwei Schwarzen Löchern durch Verschiebung eines 40 kg schweren Spiegels entstanden ist, sich aus ca. 4 Photonen zusammensetzt?

Dieser haarsträubende Schluss ergibt sich aus der Berechnung von Dr. Engelhardt, selbst wenn die notwendige relative Genauigkeit gemäß seinen drei Fragen ideal erfüllt wäre. Zu seiner Abschätzung erwarte ich eine gezielte und schlüssige Stellungnahme:

*"Wenn sich ein Spiegel um $1/1000$ eines Protonenradius verschoben hat, wie behauptet, ergibt sich eine Phasenverschiebung von $2\pi \cdot 10^{-18} \text{ m} / 10^{-6} \text{ m} = 2\pi \cdot 10^{-12}$. Bei destruktiver Interferenz hellt sich die Amplitude im Dunkelfeld um diesen Faktor mal die Amplitude im Hellfeld (konstruktive Interferenz) auf. Somit ist die zu messende Intensität $36 \cdot 10^{-24}$ mal die zirkulierende Lichtleistung von 100 kW im Interferometer. Rechnet man diese Leistung in den zugehörigen Photonenfluss $dN/dt = \text{Lichtleistung}/(hf)$ um, so erhält man gerade mal 20 Photonen/Sekunde, also für den "Verschmelzungsvorgang" etwa 4 Photonen. Zu dem veröffentlichten Signal mit einem angeblichen Signal/Rauschverhältnis von ca. 20 gehört aber ein ungleich höherer Fluss von infraroten Photonen. Es gibt nur einen plausiblen Schluss:
Das veröffentlichte Signal entstammt einer rechnerischen Simulation, aber keiner realen Messung."*

Bitte teilen Sie mir umgehend mit, sehr geehrter Herr Professor Danzmann, wann ich mit der Beantwortung dieser 4 Fragen durch Ihr Institut rechnen darf. Sollte keine zuständige und qualifizierte Antwort vom Albert Einstein Institut kommen, wären die wissenschaftliche Gemeinde und die Öffentlichkeit berechtigt zu befürchten, dass mit dem LIGO-Experiment ein Fall von wissenschaftlicher Unredlichkeit und von Manipulation der öffentlichen Meinung vorliegt.

In Erwartung Ihrer Antwort verbleibe ich
mit freundlichen Grüßen
Jocelyne Lopez

8) 24.04.2016 – Brief von *Dr. Wolfgang Engelhardt* an Prof. Martin Stratmann, Präsidenten der Max Planck Gesellschaft:

[Brief von Dr. Wolfgang Engelhardt an Prof. Martin Stratmann – 24.04.16](#)

9) 27.05.2016 – Anfrage von *Dr. Wolfgang Engelhardt* an Prof. Bruce Allen, Direktor am Albert Einstein Institut:

From: [Wolfgang Engelhardt](#)
Sent: Friday, May 27, 2016 12:45 AM
To: [Bruce Allen](#)
Cc: [Alessandra Buonanno](#) ; ["Karsten Danzmann](#) ; ["Hermann Nicolai](#) ; Otto Kardaun ; Sören Klose ; Jocelyne Lopez
Subject: Ihr Vortrag am 10. Juni im IPP

Sehr geehrter Herr Professor Allen,

wie Sie wissen, habe ich im Anschluss an eine Anfrage von Frau Lopez Anfang April eine Nachfrage an das Einstein Institut gestellt (<http://www.kritik-relativitaetstheorie.de/Anhaenge/Anfrage%20LIGO-Experiment.pdf>), welche sich auf Ihr Thema bezieht, das den Gegenstand Ihres Vortrags am 10. Juni ausmacht. Prof. Nicolai sah sich überfordert, meine Fragen zu beantworten, da er kein Experte in Laser-Interferometrie sei. Auch Prof. Danzmann konnte oder wollte meine Fragen bis heute nicht beantworten.

Nachdem Sie nun am 6. Juni ins IPP kommen, hoffe ich, dass Sie wenigstens mündlich jene Fragen beantworten können, die sich jedem Experimentalphysiker aufdrängen:

- 1) Wie hat man es erreicht, das allgegenwärtige Falschlicht um den gigantischen Faktor von $10^{(-24)}$ im Vergleich zum Primärlicht zu reduzieren?
- 2) Wie erreicht man, dass die Lichtamplituden in den beiden Armen sich um weniger als den Faktor $10^{(-12)}$ unterscheiden? Und wie stellt man sicher, dass diese Präzision über Monate hinweg genauestens eingehalten wird?

3) Wie hält man die Laserleistung im Interferometer auf den Faktor $10^{(-12)}$ genau konstant?

Inzwischen wurden auch die Daten der verwendeten Photodiode veröffentlicht. Da das s/n Verhältnis 24 war, wurde ein Photostrom von ca. 500 nA gemessen zu dem eine Spiegelverschiebung von $3 \times 10^{(-13)}$ m gehört, aber nicht $10^{(-18)}$ m wie veröffentlicht. Es erhebt sich dann die Frage:

4) Wie wurden jene fehlenden 5 Größenordnungen an Genauigkeit überbrückt?

Es wäre am einfachsten, diese Fragen durch Veröffentlichung der Eichkurve, nämlich gemessene "Spiegelauslenkung versus Strahlungsdruck auf die Endspiegel" zu beantworten. Leider ist ausgerechnet diese Information im "calibration paper" vom 11. Februar in arXiv nicht vorhanden, obwohl dort die Eichmethode per Strahlungsdruck beschrieben wird. Solange die Eichung des Systems nicht einwandfrei dokumentiert ist, kann man von keiner "Entdeckung von Gravitationswellen" sprechen, denn die veröffentlichten Signale könnten auch ganz andere Ursachen haben.

Ich hoffe sehr, dass Sie in Ihrem Vortrag die bestehenden Informationslücken schließen werden, damit wenigstens unter Wissenschaftlern das Vertrauen in die Seriosität der Messungen hergestellt wird. Dem Laien ist es ohnehin kaum begreiflich zu machen, dass es gelungen sein sollte, die Verschiebung eines 40 kg schweren Spiegels um Haaresbreite (10 Mikron) in Relation zur Distanz bis zum nächsten Fixstern messtechnisch erfasst zu haben. Diese Zahlen erhält man jedenfalls, wenn man $10^{(-18)}$ m Verschiebung und 4 km Messstrecke um den Faktor $10^{(13)}$ hochskaliert. Auch der Wissenschaftler schüttelt ungläubig den Kopf und erhofft sich umso mehr eine profunde Aufklärung in Ihrem Vortrag.

Mit freundlichen Grüßen,
Wolfgang Engelhardt

10) [30.05.2016 – Rückfrage von Dr. Wolfgang Engelhardt an Prof. Hermann Nicolai](#)

From: [Wolfgang Engelhardt](#)

Sent: Monday, May 30, 2016 2:55 PM

To: [Hermann Nicolai](#)

Cc: danzmann@aei.mpg.de ; benjamin.knispel@aei.mpg.de ; [Alessandra Buonanno](#) ; [Bruce Allen](#) ; [Prof. Stratmann](#) ; Sören Klose, Otto Kardaun, Jocelyne Lopez; poessel@hda-hd.de

Subject: Re: Nachweis von Gravitationswellen

Sehr geehrter Herr Professor Nicolai,

in Ihrer Antwort an Frau Lopez haben Sie ihr empfohlen, nähere, gemeinverständliche Informationen über das LIGO-Experiment im Blog von Herrn Pössel zu erfragen. Auch ich habe mich an Herrn Pössel gewandt, nachdem ich aus Ihrem Einstein-Institut keine Antworten mehr erhalten habe. Es entspann sich ein reger Austausch, bei dem jedoch die entscheidende Frage, ob am 14.9.2015 überhaupt Gravitationswellen experimentell entdeckt wurden, bisher unbeantwortet blieb. Es fehlt nämlich der entscheidende experimentelle Nachweis, dass die LIGO-Detektoren über die behauptete relative Empfindlichkeit verfügen, welche eine Million mal höher sein muss, als der bisherige Rekord, den der Mößbauer-Effekt inne hat.

Zu Ihrer Information sende ich Ihnen unten den letzten Eintrag im Blog von Herrn Pössel und frage auch Sie, wo Sie in der Originalveröffentlichung den experimentellen Nachweis finden können, dass eine Spiegelauslenkung von 10^{-18} m durch Gravitationswellen erfolgt ist. Dazu gehört als integraler Bestandteil die Eichung des Systems gemäß Referenz [63], die allerdings keine Eichkurve enthält, um das veröffentlichte Signal, welches die Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher belegen soll, interpretieren zu können. Wenn die Eichung tatsächlich durch Strahlungsdruck so durchgeführt wurde, wie behauptet, ist es ein Leichtes, die entsprechende Eichkurve - gemessene Spiegelauslenkung als Funktion des applizierten Strahlungsdrucks - vorzulegen. Solange dies nicht geschieht, hat die LIGO-Veröffentlichung den Status eines unbewiesenen "claims", wie seinerzeit die "Entdeckung" von Joe Weber in den siebziger Jahren.

Mit freundlichen Grüßen
Wolfgang Engelhardt

+++++

Herr Pössel,

ich versuche, so sachlich wie möglich zu bleiben und warte noch immer auf die Daten zur Eichkurve.

Im Papier "Calibration of the Advanced LIGO detectors for the discovery of the binary black-hole merger GW150914", das zeitgleich mit der Publikation in Phys. Rev. Lett. im Internet "geposted" wurde: arXiv:1602.03845v1 [gr-qc] 11 Feb 2016 finde ich im Abschnitt IV, wo die Eichung per Strahlungsdruck beschrieben wird, den Satz:

„Power modulation is accomplished via an acousto-optic modulator that is part of an optical follower servo that ensures that the power modulation follows the requested waveform [14].“

Und weiter unten:

“The laser power modulation induces a modulated displacement of the test mass that is given by [12]:

$$x^{(PC)}_T(f) = 2P(f)/c s(f) \cos \theta [1 + (M_T / I_T) \vec{a} \cdot \vec{b}] \quad (10)$$
This modulated displacement is shown schematically on the left of Fig. 2.”

Die Unterschrift dieser Figur lautet:

“FIG. 2. Block diagram of the differential arm length feedback control servo. The sensing function, digital filter function, and actuation function combine to form the open loop transfer function $G(f) = A(f) D(f) C(f)$. The signal $x^{(PC)}_T$ is described in section IV.”

Es werden keine Daten mitgeteilt, wo etwa die gleiche oder eine ähnliche Wellenform und Amplitude wie GW150914 durch Strahlungsdruck erzeugt und gleichzeitig interferometrisch gemessen wurde. Somit existiert keine Dokumentation der Eignung des Apparats für den Nachweis einer Spiegelverschiebung von 10^{-18} m. Ohne einen solchen Nachweis kann man jedoch nicht von der experimentellen „Entdeckung von Gravitationswellen“ sprechen. Sehen Sie das anders?

11) [30.05.2016 - Antwort von Prof. Karsten Danzmann auf die Anfrage von Dr. Wolfgang Engelhardt:](#)

From: [Karsten Danzmann](#)
Sent: Monday, May 30, 2016 12:24 PM
To: [Wolfgang Engelhardt](#)
Cc: [Bruce Allen](#) ; [Alessandra Buonanno](#) ; [Hermann Nicolai](#) ; Otto Kardaun; Sören Klose; Jocelyne Lopez; [Benjamin Knispel](#) ; [Elke Müller](#)
Subject: Re: Ihr Vortrag am 10. Juni im IPP

Lieber Herr Engelhardt,

ich nehme mir die Freiheit, auf Ihre Email an Herrn Allen zu antworten, da Sie sich auch auf eine an mich gerichtete Email beziehen.

Die damalige Email habe ich wegen eines Fehlers in Ihren Email Adressen nicht bekommen, aber Herr Knispel hat sie mir weitergeleitet, ich hänge die Mail noch einmal an, damit Sie den Fehler in der Adresse sehen können.

In jedem Fall hat damals Frau Lopez eine Antwort von unserem Institut bekommen, auch die Antwort hänge ich hier noch einmal an, obwohl ich annehme, dass Frau Lopez Ihnen die Antwort damals weitergeleitet hat.

Ich denke, dass viele Missverständnisse in der Interpretation der LIGO Messungen dadurch zustanden kommen, dass Sie und auch andere nicht berücksichtigen, dass

1. die moderne Laserinterferometrie eine Heterodyndetektion des Signals benutzt, d.h. es wird am Ausgang nicht die Intensität des Signals $(E_s)^2$ gemessen, das wäre in der Tat ein ziemlich fruchtloses Unterfangen, sondern

das Signal Es wird mit einem starken lokalen Laserstrahl El überlagert und dann der Kreuzterm (Esel) zwischen beiden Lichtfeldern gemessen;

2. die Messung nicht bei DC (also bei Frequenz Null) stattfindet (auch das wäre ziemlich aussichtslos, für niedrige Frequenzen muss man in den Weltraum), sondern die Interferometer nur auf Längendifferenz-ÄNDERUNGEN im Frequenzbereich von 10 Hz bis zu einigen kHz empfindlich sind.

Ich denke die unten angehängten Zitate sollten einen guten Einstieg ermöglichen. Für die Grundlagen der Laserinterferometrie verweise ich Sie auf das Buch von Peter Saulson „Fundamentals of Interferometric Gravitational Wave Detectors“.

Beste Grüße,
Karsten Danzmann

12) [31.05.2016 – Antwort von Dr. Wolfgang Engelhardt auf die E-Mail von Prof. Karsten Danzmann vom 30.05.2016](#)

From: [Wolfgang Engelhardt](#)
Sent: Tuesday, May 31, 2016 5:10 PM
To: [Karsten Danzmann](#)
Cc: [Bruce Allen](#) ; [Alessandra Buonanno](#) ; [Hermann Nicolai](#) ; Otto Kardaun; Sören Klose; Jocelyne Lopez; [Benjamin Knispel](#) ; [Elke Müller](#) ; poessel@hda-hd.de
Subject: Re: Ihr Vortrag am 10. Juni im IPP

Lieber Herr Danzmann,

es tut mir leid, dass Sie meine Email vom 14.4. so spät erhalten haben. Dass die Adresse nicht ganz korrekt war, erfuhr ich nicht, weil die Mail nicht zurückgekommen war. Umso mehr freut mich Ihre jetzige Nachricht. Es beruhigt mich, dass offenbar nicht nur ich mit der Interpretation des von LIGO veröffentlichten Signals Schwierigkeiten habe, sondern auch andere Leser entsprechend Ihrer Andeutung.

LIGO hat mit konventionellen Mitteln eine bisher unerreichte relative Genauigkeit von 10^{-21} erreicht, die den bisherigen Rekord des Mößbauer-Effekts um das millionenfache übertrifft. Diese sensationelle Leistung wäre eines eigenen Nobel-Preises würdig, verbirgt sich aber hinter dem schlichten Satz: "The gravitational-wave signal is extracted at the output port using a homodyne readout [55]." Auch der in einem Michelson-Interferometer ungewohnte Kasten mit der Bezeichnung "Signal

recycling" in Figur 3 in der Phys. Rev. Veröffentlichung lässt nicht ahnen, dass sich dahinter noch ein zusätzlicher Laser verbirgt, mit dessen Leistung das durch die Spiegelverschiebung aufgehellte Signal des Dunkelfelds gemischt wird. So jedenfalls verstehe ich Ihren Hinweis auf die "Heterodyndetektion", die auf Englisch offenbar "homodyne readout" heißt. Statt dessen wird mit dem lapidaren Satz "The detector output is calibrated in strain by measuring its response to test mass motion induced by photon pressure from a modulated calibration laser beam [63]" auf einen internen LIGO-Bericht verwiesen. Auch wenn [63] nur ein interner Report ist, der noch nicht veröffentlicht wurde, so ist er doch wenigstens frei zugänglich und man öffnet ihn begierig, um das Geheimnis der unerhörten Empfindlichkeit enthüllt zu sehen. Leider wird man aber bitter enttäuscht, denn entgegen der Ankündigung findet man dort keineswegs eine Dokumentation der Eichung "strain versus radiation pressure".

Obwohl also in der Phys. Rev. Veröffentlichung ein "strain" als Funktion der Zeit gezeigt wird, der durch eine Gravitationswelle erzeugt sei, wird ein ähnliches Signal, das man mit kontrolliertem Strahlungsdruck auf die Spiegel erzeugt hat, dem Leser vorenthalten. Damit existiert bis zum Beweis des Gegenteils für den Leser keine Eichung des Systems und die Behauptung, man habe eine Gravitationswelle entdeckt, entbehrt der experimentellen Grundlage.

Ich hoffe, dass demnächst eine solide Veröffentlichung erscheint, die nicht nur das bekannte Signal GW150914 reproduziert, sondern auch die zugehörige Eichung des Systems enthält, welche dieser Entdeckung erst Glaubwürdigkeit verleiht. Herr Allen wird in seinem Vortrag vermutlich wenigstens den IPP-Mitarbeitern die experimentelle Eichkurve präsentieren, aber es ist höchste Zeit, dass die Öffentlichkeit diese Information erhält, damit interessierte Menschen wie Frau Lopez, aber auch fachfremde Wissenschaftler nicht in berechtigte Zweifel gestürzt werden.

Mit besten Grüßen
Wolfgang Engelhardt

13) [31.05.16 - Antwort von Prof. Karsten Danzmann an Dr. Wolfgang Engelhardt](#)

From: [Karsten Danzmann](#)

Sent: Tuesday, May 31, 2016 6:06 PM

To: [Wolfgang Engelhardt](#)

Cc: [Bruce Allen](#) ; [Alessandra Buonanno](#) ; [Hermann Nicolai](#) ; Otto Kardaun; Sören Klose; Jocelyne Lopez; [Benjamin Knispel](#) ; [Elke Müller](#) ; poessel@hda-hd.de

Subject: Re: Ihr Vortrag am 10. Juni im IPP

Anhang: [LIGO_S5_calibration_1007.3973v1.pdf](#)

Lieber Herr Engelhardt,

ich will Ihnen noch ein paar weitere Informationen geben, aber ich möchte

Sie um Verständnis bitten, dass eine vollständige Erklärung und insbesondere ein vollständiges Verständnis aller Details ein Fachwissen erfordern, dass man erst nach Jahren erwirbt. Es ist eben nicht alles im Leben mit ein paar schönen Bildern, oder auch einer einzigen Eichkurve zu erklären. Wenn das alles so einfach wäre, dann könnte ja auch jeder mal eben schnell so ein Interferometer bauen, aber es hat Jahrzehnte gedauert. Und nur die Tatsache, dass ein Laie das nicht sofort versteht, bedeutet noch lange nicht, dass man hier etwas erfunden oder gefälscht hätte.

Lassen Sie mich also auf Ihren Wunsch nach einer Eichkurve zurückkommen. So eine einfache Eichkurve, wie Sie sie sich vorstellen, gibt es nicht, weil der Prozess der Eichung viel komplizierter ist. Wenn Sie wirklich die Details wissen wollen, dann hänge ich Ihnen ein Dokument an, welches die Eichung der LIGO Detektoren im Science Run S5 beschreibt, das Prinzip ist aber überall anwendbar. Die Kurven in Bild 15 kommen dem, was Sie sich unter einer Eichkurve vorstellen, vielleicht am nächsten. Aber das Paper hat 49 Seiten, und wenn man die Eichung verstehen will, dann braucht man die auch alle. Das Schöne ist, dass die Eichung tatsächlich am Ende auf wenige Prozent genau funktioniert, und zwar mit zwei voneinander unabhängigen Methoden: Einmal durch Strahlungsdruckvariation, aber auch durch Anlegen einer variablen Spannung an die elektrostatischen Aktuatoren zur Spiegelbewegung. Diese beiden Standardmethoden werden auch bei unserem GEO600 Detektor verwendet und funktionieren recht zuverlässig.

Signal Recycling (oder auch die bei Advanced LIGO eingesetzte Variante Resonant Sideband Extraction) ist eine ganz wichtige optische Technik, die bei uns in der GEO Kollaboration entwickelt wurde und in unserem GEO600 Detektor seit Jahren erfolgreich zur Empfindlichkeitserhöhung eingesetzt wird.

Heterodyn-Detektion ist ein genereller Begriff für eine optische Nachweismethode, bei der man nicht die Intensität (Leistung) eines Signals auf einer Photodiode misst, sondern das Signal-Lichtfeld mit einem Hilfslaserfeld E_l auf der Diode überlagert, um den Kreuzer zwischen beiden Feldern zu delektieren. Das ist immer dann entscheidend, wenn das Signal sehr schwach ist, denn dann ist das Quadrat der Amplitude $(E_s)^2$, also die Intensität, viel zu klein, um direkt gemessen zu werden. Aber die Diode sieht dann ja die Summe aus beiden Feldern $(E_s + E_l)$ und reagiert wie jede Diode auf das Quadrat davon, also $(E_s + E_l)^2$, und darin gibt es den Kreuzterm $(E_s \times E_l)$, und der ist viel größer als $(E_s)^2$ und enthält wirklich viele Photonen, die man leicht delektieren kann. Man borgt sich sozusagen Photonen aus dem Hilfsfeld. Die Homodyndetektion ist dabei nur ein Spezialfall der Heterodyndetektion, der sich dadurch auszeichnet, dass Signalfeld und Hilfsfeld die gleiche Frequenz haben.

Ich bin immer wieder selbst begeistert, wie unglaublich empfindlich unsere Interferometer heute sind, aber ich habe auch mein ganzes Leben daran gearbeitet. Und ich bin stolz darauf!

Beste Grüße,
Karsten Danzmann

14) 01.06.16 - Antwort von Dr. Engelhardt an Prof. Karsten Danzmann:

From: [Wolfgang Engelhardt](#)

Sent: Wednesday, June 01, 2016 11:22 PM

To: [Karsten Danzmann](#)

Cc: [Bruce Allen](#) ; [Alessandra Buonanno](#) ; [Hermann Nicolai](#) ; Otto Kardaun; Sören Klose; Jocelyne Lopez; [Benjamin Knispel](#) ; [Elke Müller](#) ; poessel@hda-hd.de

Subject: Re: Ihr Vortrag am 10. Juni im IPP

Lieber Herr Danzmann,

niemand möchte Ihr Lebenswerk herabmindern, auf das Sie gewiss stolz sein können. Auch wenn es nicht durch die Entdeckung von Gravitationswellen gekrönt wird, verdient Ihre engagierte Arbeit allen Respekt. Die ungeheure Schwierigkeit der Aufgabe, der Sie sich gewidmet haben, ist mir voll bewusst, wie Sie aus meinen ursprünglichen drei Fragen an Herrn Nicolai ersehen können. Bis heute wurden diese grundsätzlichen Fragen vom Einstein-Institut nicht beantwortet.

Eine ganz andere Frage betrifft die LIGO-Veröffentlichung **PRL 116, 061102 (2016)**. Mit dem Satz: "**The detector output is calibrated in strain by measuring its response to test mass motion induced by photon pressure from a modulated calibration laser beam [63].**" wird die wissenschaftliche Öffentlichkeit in unzulässiger Weise getäuscht, denn Sie geben in Ihrer letzten Email zu, dass eine Eichkurve, die nach diesem Verfahren durchaus gewonnen werden könnte, gar nicht existiert. Sie wird ja auch in der zitierten, unveröffentlichten Referenz 63 nicht mitgeteilt.

Wenn es nicht möglich war, durch kontrollierte „test mass motion induced by photon pressure from a modulated calibration laser beam“ den resultierenden „detector output“ direkt zu messen, dann ist auch nicht zu erwarten, dass ein zufällig hereingeschnittenes Gravitationswellen-Signal in hervorragender Qualität mit einem Signal/Rauschverhältnis von 24 tatsächlich gemessen werden konnte. Die zugehörige Spiegelverschiebung wird mit 10^{-18} m angegeben, die man natürlich auch durch Strahlungsdruck oder ein elektrostatisches Feld hätte simulieren können. Dies ist jedoch nicht gelungen, wie Sie freimütig zugeben, so dass auch das veröffentlichte Signal seinen Ursprung nicht in einer so winzig kleinen Spiegelverschiebung haben kann. Es muss auf andere Weise in das System geraten sein.

Die Tatsache, dass beide Verschiebungsmethoden „funktionieren“, d.h. übereinstimmen, muss damit zusammenhängen, dass sie nur bei weit größeren Verschiebungen getestet wurden. Im Bereich von ein Tausendstel Protonenradius sind offenbar beide Methoden nicht mehr anwendbar, und müssen durch komplizierte Verfahren ersetzt werden, zu deren Verständnis nach Ihren Worten „ein Fachwissen erforderlich ist, das man erst nach Jahren erwirbt“.

Ich habe ein gewisses Verständnis dafür, dass ein großes Team, das an einer gemeinsamen Aufgabe arbeitet, von Wunschen befallen wird, dem sich kaum jemand entziehen kann. Doch nun ist es an der Zeit, dass wenigstens das renommierte Einstein-Institut auf Distanz zur Sensationshascherei des amerikanischen LIGO-Teams geht. Andernfalls entsteht ein Glaubwürdigkeitsverlust der kaum zu reparieren ist, und ernsthafter Forschung insgesamt schadet. Das Scheitern von Joe Weber in den siebziger Jahren, das ich durch meine Freundschaft zum viel zu früh verstorbenen Karl Maischberger hautnah miterlebt habe, sollte Ihnen eine Lehre sein.

Ich hoffe, dass Herr Allen, wenn er schon keine Eichkurve vorweisen kann, welche die Realität von GW150914 belegen könnte, die jetzige „Entdeckung von Gravitationswellen“ ins rechte Licht rücken wird.

Mit besten Grüßen
Wolfgang Engelhardt

15) 03.06.16 – E-Mail von Dr. Wolfgang Engelhardt an Dr. Valentin Igochine, Max Planck Institut für Plasmaphysik, Garching:

From: [Wolfgang Engelhardt](#)

Sent: Friday, June 03, 2016 2:21 PM

To: valentin.igochine@ipp.mpg.de

Cc: [Bruce Allen](#) ; [Karsten Danzmann](#) ; Jocelyne Lopez ; Otto Kardaun; Klose Sören; poessel@hda-hd.de

Subject: Institutskolloquium am 10. Juni

Lieber Herr Igochine,

am 10. Juni wird Prof. Bruce Allen einen Vortrag in Ihrem Kolloquium halten über **Direct observation of gravitational waves from the merger and inspiral of two black holes.**

In letzter Zeit gab es lebhafte Diskussionen über die Seriosität der Veröffentlichung **PRL 116, 061102 (2016)**, die durch eine Anfrage von Frau Jocelyne Lopez an das Einstein Institut ausgelöst worden war (<http://www.kritik-relativitaetstheorie.de/Anhaenge/Anfrage%20LIGO-Experiment.pdf>). Gleichzeitig fanden Diskussionen im Blog von Markus Pössel statt: <http://www.scilog.de/relativ-einfach/gravitationswellendetektoren-wie-sie-funktionieren-gw-teil-2/#comment-23215>. Prof. Danzmann hat inzwischen bestätigt, dass es die in der obigen Phys. Rev. Veröffentlichung angekündigte Eichmessung, die in einer entsprechenden Eichkurve darstellbar sein müsste, nicht gibt (s. Dokument 13 in der "Anfrage").

Angesichts dieser Entwicklung ist damit zu rechnen, dass es auch im IPP eine lebhaftere Diskussion über die Realität der Gravitationswellen - Beobachtung geben wird, auf die Sie vorbereitet sein sollten.

Mit besten Grüßen,
Wolfgang Engelhardt,
vormals IPP

16) 03.06.16 – E-Mail von Prof. Karsten Danzmann (Albert Einstein Institut) an Dr. Valentin Igochine (Max Planck Institut für Plasmaphysik):

From: [Karsten Danzmann](#)
Sent: Friday, June 03, 2016 2:58 PM
To: [Wolfgang Engelhardt](#) ; [Dr. Valentin Igochine](#)
Cc: [Bruce Allen](#) ; Jocelyne Lopez; Otto Kardaun; Klose Sören;; poessel@hda-hd.de
Subject: Re: Institutskolloquium am 10. Juni

Lieber Herr Igochine,

ich möchte die Behauptung von Herrn Engelhardt als glatte Lüge zurückweisen. Sowohl Herr Pössel als auch ich haben längere Zeit versucht, Herrn Engelhardt die Physik der Gravitationswellendetektion zu erklären, allerdings vergeblich. Ich denke Sie sollten gewarnt sein, dass dieser Herr versuchen wird, Ihr Kolloquium zur polemischen Darstellung seiner Weltansicht zu missbrauchen.

Und Herrn Engelhardt möchte ich als Abschluss meiner Bemühungen noch folgendes Statement mitgeben:

Dear Mr. Engelhardt,

as you know, progress in science takes place through a process of critical debate in the open scientific literature. For example, when it was first published, Einstein's work on both special and general relativity was questioned in this way. But it withstood that criticism, and was accepted by the scientific community.

The work on gravitational waves that you object to has been published in a leading refereed scientific journal. If you believe that this work is not correct, then I encourage you to respond in the traditional and accepted way. Write a scientific paper clearly stating your arguments, and submit it for publication in a refereed scientific journal.

Regards,
Karsten Danzmann

Ich werde mich von nun an nicht mehr mit dieser Angelegenheit befassen.

Mit besten Grüßen und in der Hoffnung auf ein fruchtvolles Kolloquium,

Karsten Danzmann

17) 03.06.16 - Antwort von Dr. Valentin Igochine an Prof. Karsten Danzmann:

From: [Dr. Valentin Igochine](#)

Sent: Friday, June 03, 2016 4:04 PM

To: [Karsten Danzmann](#) ; [Wolfgang Engelhardt](#)

Cc: [Bruce Allen](#) ; Jocelyne Lopez; Otto Kardaun; Klose Sören; poessel@hda-hd.de ; Zohm, Hartmut;

Subject: Re: Institutskolloquium am 10. Juni

Dear Prof. Danzmann,

thank you very much for your comment!

The recent discovery of gravitational waves is very important and we are really glad that this discovery would be presented by the expert in the field on the colloquium.

We are looking forward to hear Prof. Allen's talk next week!

Best regards,
Valentin Igochine

18) 03.06.16 – E-Mail von Dr. Wolfgang Engelhardt an Dr. Valentin Igochine:

From: [Wolfgang Engelhardt](#)

Sent: Friday, June 03, 2016 11:42 PM

To: [Karsten Danzmann](#) ; [Dr. Valentin Igochine](#)

Cc: [Bruce Allen](#) ; Jocelyne Lopez; Otto Kardaun; Klose Sören; poessel@hda-hd.de

Subject: Re: Institutskolloquium am 10. Juni

Lieber Herr Igochine,

seien Sie unbesorgt, ich werde Ihr Kolloquium **nicht** "zur polemischen Darstellung meiner Weltsicht missbrauchen." Was Herrn Danzmann zu seiner Vermutung treibt, bleibt sein Geheimnis. Auch ist mir unklar, wovon er spricht, wenn er eine angebliche Behauptung von mir als "glatte Lüge" bezeichnet. Er sagt nicht, um welche Behauptung es sich dabei handeln soll, so dass ich diesen emotionalen Ausraster getrost ignorieren kann.

Mit Spannung erwarte ich Herrn Allen's Ausführungen, der sich an der Diskussion über die Interferometer-Empfindlichkeit, welche die Relativgenauigkeit des Mößbauereffekts um das Millionenfache übertrifft, bisher nicht beteiligt hat. Es ist ja keine Kleinigkeit, wenn man die Verschiebung eines Spiegels um Haaresbreite in Relation zur Distanz bis zum nächsten Fixstern messen will. Auf dieses Verhältnis kommt man, wenn man $10^{(-18)}$ m Verschiebung und 4 km Messstrecke um den Faktor $10^{(13)}$ hochskaliert. Eine solch schwierige Messung setzt eine Eichung "Interferometer-Signal als Funktion der Spiegelverschiebung" voraus, die allerdings den veröffentlichten Daten nicht zu entnehmen ist, obwohl sie vom LIGO-Team angekündigt wurde. Herr Danzmann räumte dies mit dem Satz ein: "So eine einfache Eichkurve, wie Sie sie sich vorstellen, gibt es nicht..." Vielleicht erfahren wir von Herrn Allen mehr, nachdem er ja "some of the "behind the scenes" details of the discovery and subsequent analysis" behandeln wird.

Mit besten Grüßen,
Wolfgang Engelhardt

19) 06.06.2016 – Beschwerde von Jocelyne Lopez über Prof. Karsten Danzmann bei Prof. Hermann Nicolai

From: Jocelyne Lopez

Sent: Monday, June 06, 2016 4:20 PM

To: hermann.nicolai@aei.mpg.de

Cc: [Karsten Danzmann](#) ; wolfgangw.engelhardt@t-online.de ; bruce.allen@aei.mpg.de ; alessandra.buonanno@aei.mpg.de ; valentin.igochine@ipp.mpg.de ; Otto Kardaun; Klose

Sören, Prof. Martin Stratmann über beck@gv.mpg.de

Subject: Bürgeranfrage LIGO-Experiment - Beschwerde über Prof. Karsten Danzmann

Sehr geehrter Herr Professor Nicolai,

als geschäftsführendem Direktor des Einstein-Instituts möchte ich mich bei Ihnen über Ihren Kollegen Professor Danzmann beschweren.

Meiner Bürgeranfrage im Rahmen des Informationsfreiheitsgesetzes hatte sich am 14.4.2016 Dr. Engelhardt angeschlossen und detaillierte grundsätzliche Fragen zum LIGO-Experiment gestellt, die Sie allerdings mangels Fachkenntnissen nicht beantworten konnten. Dr. Engelhardt hat daraufhin seine Fragen noch am selben Tag an Professor Danzmann gerichtet. Nachdem er keine Antwort erhielt, hat er am 24.4. noch einmal an Professor Danzmann geschrieben. Ich habe die erweiterten Fragen von Dr. Engelhardt in meine Bürgeranfrage aufgenommen und am 24.4. Professor Danzmann um Beantwortung gebeten. Es erfolgte wiederum keine Antwort, während sich gleichzeitig lebhaftere Diskussionen im Blog von Dr. Pössel entwickelten, an denen sich das Einstein Institut jedoch nicht beteiligte.

Nachdem Professor Bruce Allen am 10. Juni einen Vortrag über das LIGO-Experiment im IPP Garching halten wird, wurde er von Dr. Engelhardt am 27.5. auf die unbeantworteten Fragen aufmerksam gemacht und der Hoffnung Ausdruck gegeben, dass wenigstens mündlich die bestehenden Informationslücken geschlossen werden. Anstelle von Prof. Allen hat daraufhin Prof. Danzmann sein Schweigen gebrochen und Dr. Engelhardt am 30.5. einige Informationen gegeben, die aber Dr. Engelhardt s Fragen nicht direkt beantworteten. Er hat deshalb am nächsten Tag Professor Danzmann geschrieben und darauf hingewiesen, dass in der LIGO-Veröffentlichung zwar eine plausible Eichmethode angekündigt wird, zu der aber im zitierten internen Report keine Daten geliefert werden, aus denen man eine Eichkurve erstellen könnte. Professor Danzmann hat umgehend bestätigt, dass es eine solche Eichkurve nicht gebe. Am 1.6. hat Dr. Engelhardt den Schluss gezogen, dass ohne Eichkurve das System offenbar nicht geeicht sei und somit weder der experimentelle Nachweis über die behauptete Empfindlichkeit des Apparats noch die Existenz von Gravitationswellen erbracht sei. Er empfahl dem Einstein Institut auf Distanz zur amerikanischen LIGO-Veröffentlichung zu gehen, damit dem Institut ein ähnliches Schicksal wie Joe Weber in den siebziger Jahren erspart bleibt.

Überraschenderweise hat Professor Danzmann in äußerst unsachlicher Weise in einer Email an Dr. Igochine, der das IPP-Kolloquium leiten wird, reagiert. Er hat Dr. Engelhardt

1. unbegründet der Lüge bezichtigt,
2. seine fachliche Kompetenz zum Verständnis der Laserinterferometrie herabgesetzt,
3. ihm die Absicht der Durchsetzung einer „Weltsicht“ bei der Hinterfragung dieses Experiments unterstellt.
4. Dr. Igochine wurde unter massiven Druck gesetzt, um zu verhindern, dass die offenen fachlichen Fragen mit Prof. Bruce Allen weiter erörtert werden.

5. Statt die gestellten Fragen nach dem Informationsfreiheitsgesetz zu beantworten, hat Prof. Danzmann Herrn Dr. Engelhardt aufgefordert, eine Publikation über seine Fragen in einer wissenschaftlichen Zeitschrift zu veröffentlichen.

Dieses Verhalten Ihres Kollegen muss auf das Schärfste kritisiert werden und ist von Bürgern, die eine Anfrage nach Informationsfreiheitsgesetz stellen, weder zu erwarten oder zu dulden. Das Einstein-Institut sollte es nicht akzeptieren, wenn einer seiner führenden Vertreter statt Argumente beizubringen, sich in Verbalinjurien flüchtet.

Mit freundlichen Grüßen
Jocelyne Lopez

NB zu Ihrer Information: Eine Zusammenstellung der bisherigen Austausche im Rahmen meiner Anfrage habe ich unter folgendem Link ins Internet gestellt:
<http://www.kritik-relativitaetstheorie.de/Anhaenge/Anfrage%20LIGO-Experiment.pdf>

20) 09.06.2016 – Erinnerung an die Beantwortung meiner 4 Fragen an Prof. Karsten Danzmann

From: Jocelyne Lopez
Sent: Thursday, June 09, 2016 7:40 AM
To: [Karsten Danzmann](mailto:Karsten.Danzmann)
Cc: hermann.nicolai@aei.mpg.de ; wolfgangw.engelhardt@t-online.de ; alessandra.buonanno@aei.mpg.de ; bruce.allen@aei.mpg.de ; bernard.schutz@aei.mpg.de ; elke.mueller@aei.mpg.de ; benjamin.Knispel@aei.mpg.de ; Information@bmbf.bund.de
Subject: Fw: Messgenauigkeit bei dem LIGO-Experiment zur Messung von Gravitationswellen

Sehr geehrter Herr Professor Danzmann,

im Rahmen meiner Bürgeranfrage nach Informationsfreiheitsgesetz an das Albert Einstein Institut in o.g. Angelegenheit habe ich mich als interessierte Physiklaiin an Sie gewandt und mich 4 gestellten Fragen des in Laserinterferometrie qualifizierten und erfahrenen Experimentalphysikers Dr. Wolfgang Engelhardt angeschlossen, siehe meine nachstehende E-Mail vom 24.04.2016 und die Zusammenstellung der bisherigen Korrespondenz, die ich ins Internet gestellt habe:

<http://www.kritik-relativitaetstheorie.de/Anhaenge/Anfrage%20LIGO-Experiment.pdf>

Leider haben Sie bis jetzt weder auf meine E-Mail reagiert, noch diese 4 Fragen beantwortet.

Ich bitte Sie daher noch einmal, sehr geehrter Herr Professor Danzmann, die 4 gestellten Fragen im öffentlichen Interesse zu beantworten und bedanke mich dafür im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen

Jocelyne Lopez

21) [17.06.2016 – Anfrage von Dr. Engelhardt an Herrn Evan Goetz, Albert Einstein Institut](#)

From: [Wolfgang Engelhardt](#)

Sent: Friday, June 17, 2016 4:02 PM

To: evan.goetz@aei.mpg.de

Cc: [Karsten Danzmann](#) ; [Bruce Allen](#) ; [Alessandra Buonanno](#) ; [Hermann Nicolai](#) ; Otto Kardaun; Sören Klose; Jocelyne Lopez; [Benjamin Knispel](#) ; [Elke Müller](#) ; poessel@hda-hd.de ; valentin.igochine@ipp.mpg.de

Subject: LIGO Eichung

Sehr geehrter Herr Goetz,

Sie haben sich freundlicherweise bereit erklärt, Fragen zur Eichmethode der LIGO-Detektoren zu beantworten. Nachdem Sie mehrere Jahre am AEI verbracht haben, nehme ich an, dass Sie der deutschen Sprache hinreichend mächtig sind, um der Diskussion, die im Blog von Herrn Pössel bereits stattgefunden hat (<http://www.scilog.de/relativ-einfach/gravitationswellendetektoren-wie-sie-funktionieren-gw-teil-2/#comment-23321>), mühelos zu folgen.

Im „discovery paper“ PRL 116, 061102 (2016) wird die angewandte Eichmethode mit den Worten umrissen: "The detector output is calibrated in strain by measuring its response to test mass motion induced by photon pressure from a modulated calibration laser beam [63]." Näheres findet man im bisher unveröffentlichten e-print Ref. 63: arXiv:1602.03845v1 [gr-qc] 11 Feb 2016. Dort wird der berechenbare Zusammenhang zwischen Spiegelauslenkung und Laserleistung durch Formel (10) beschrieben. Allerdings werden keine Daten dazu mitgeteilt. Es bleibt unbekannt, mit welcher Laserleistung, mit welcher Wellenform, mit wie viel Schwingungen Spiegelauslenkungen per Strahlungsdruck hervorgerufen wurden, die ähnlich jenen sind, die durch GW150914 bewirkt wurden. Ohne Veröffentlichung dieser Daten kann

gar nicht beurteilt werden, ob Auslenkungen von 10^{-18} m überhaupt verlässlich gemessen werden können, d.h. ob das Signal zu GW150914 mit einem s/n Verhältnis von 24 möglicherweise durch eine Gravitationswelle erzeugt wurde.

Überraschenderweise hat nun Prof. Danzmann in einer e-mail an mich mitgeteilt, dass diese Daten, aus denen man eine Eichkurve erstellen könnte, gar nicht vorliegen. Und Herr Pössel hat bestätigt, dass er die Daten, die in Formel (10) eingehen, in der Datenbank von LIGO nicht finden konnte. Er hat sogar behauptet, dass das in PRL 116, 061102 (2016) beschriebene Verfahren – nämlich Reaktion des Detektor-Signals auf durch Strahlungsdruck erzeugte Spiegelauslenkung – gar nicht angewandt wurde und deshalb auch keine Daten vorlägen.

Diese widersprüchlichen Aussagen über die tatsächlich durchgeführte Eichmethode geben Anlass zu erheblicher Verwirrung, welche die Direktoren des Einstein-Instituts bisher nicht aufklären konnten. Prof. Bruce Allen hat deshalb Sie als Experten benannt, der Licht in das bestehende Dunkel bringen könnte.

In Erwartung Ihrer Stellungnahme zu der offenen Frage, was LIGO in PRL 116, 061102 (2016) zur Eichmethode schreibt und wie tatsächlich gemessen wurde, sende ich Ihnen meine besten Grüße.

Wolfgang Engelhardt

22) 05.07.2016 – Anfrage von Jocelyne Lopez an Prof. Karsten Danzmann, Direktor Albert Einstein Institut

From: Jocelyne Lopez
Sent: Tuesday, July 05, 2016 7:07 AM
To: [Karsten Danzmann](mailto:Karsten.Danzmann@aei.mpg.de)
Cc: hermann.nicolai@aei.mpg.de ; wolfgangw.engelhardt@t-online.de ; alessandra.buonanno@aei.mpg.de ; bruce.allen@aei.mpg.de ; bernard.schutz@aei.mpg.de ; elke.mueller@aei.mpg.de ; benjamin.Knispel@aei.mpg.de ; Information@bmbf.bund.de
Subject: Re: Messgenauigkeit bei dem LIGO-Experiment zur Messung von Gravitationswellen

Sehr geehrter Herr Professor Danzmann,

mit E-Mail vom 24.04.2016 habe ich Sie im Rahmen des Informationsfreiheitsgesetzes gebeten, 4 Fragen über die Messungen von Gravitationswellen beim LIGO-Experiment zu beantworten.

Leider haben Sie bis heute meine Anfrage ignoriert, sowie auch meine diesbezügliche Erinnerung vom 09.06.2016.

Auch gegenüber Herrn Dr. Wolfgang Engelhardt haben Sie diese 4 Fragen nicht beantwortet, sondern stattdessen per E-Mail vom 31.05.2016 folgende Aussagen getätigt:

„Lassen Sie mich also auf Ihren Wunsch nach einer Eichkurve zurückkommen. So eine einfache Eichkurve, wie Sie sie sich vorstellen, gibt es nicht, weil der Prozess der Eichung viel komplizierter ist. Wenn Sie wirklich die Details wissen wollen, dann hänge ich Ihnen ein Dokument an, welches die Eichung der LIGO Detektoren im Science Run S5 beschreibt, das Prinzip ist aber überall anwendbar. Die Kurven in Bild 15 kommen dem, was Sie sich unter einer Eichkurve vorstellen, vielleicht am nächsten. Aber das Paper hat 49 Seiten, und wenn man die Eichung verstehen will, dann braucht man die auch alle. Das Schöne ist, dass die Eichung tatsächlich am Ende auf wenige Prozent genau funktioniert, und zwar mit zwei voneinander unabhängigen Methoden: Einmal durch Strahlungsdruckvariation, aber auch durch Anlegen einer variablen Spannung an die elektrostatischen Aktuatoren zur Spiegelbewegung. Diese beiden Standardmethoden werden auch bei unserem GEO600 Detektor verwendet und funktionieren recht zuverlässig.“

Aus Ihren Aussagen ergeben sich drei weitere Fragen, wofür ich Sie um eine gezielte Antwort bitte:

1) Im „Discovery Paper“ PRL 116, 061102 (2016) wird eine einzige Eichungsmethode für das LIGO-Experiment mit dem Satz beschrieben: "*The detector output is calibrated in strain by measuring its response to test mass motion induced by photon pressure from a modulated calibration laser beam [63].*"

Referenz [63] bezieht sich auf einen unveröffentlichten e-Print und enthält keine Daten. Wo sind die einschlägigen Daten - also "strain" als Funktion von "laser power" - veröffentlicht?

2) Im Jahre 2003 wurde dieses beschriebene Eichungsverfahren der LIGO-Meßanlage durchgeführt, wobei die erzielte und gemessene Spiegelauslenkung eher bei $10^{(-15)}$ m als bei $10^{(-18)}$ m lag. Die Daten stehen der Öffentlichkeit zur Verfügung (vgl. Papier von Bruursema: Technical Document LIGO-T030266-00 - D 9/22/03).

Wurde seit 2003 diese beschriebene Eichungsmethode der LIGO-Meßanlage erneut

durchgeführt und eine Verbesserung der Genauigkeit dokumentiert? Wann? Von welchen Autoren? Wo sind die Daten?

3) Falls diese im Discovery Paper referierte Eichungsmethode der LIGO-Meßanlage seit 2003 nicht wiederholt wurde, ist es vorgesehen, sie nachträglich durchzuführen, um zu dokumentieren, dass die durch die Gravitationswelle GW150914 induzierte und gemessene Spiegelbewegung durch definierten Strahlungsdruck in gleicher Weise hervorgerufen wird?

Ich bitte um Beantwortung der obigen drei Fragen innerhalb der Frist von einem Monat, die im Informationsfreiheitsgesetz vorgeschrieben wird, d.h. bis zum 05.08.2016 und bedanke mich dafür im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen

Jocelyne Lopez

23) 30.07.2016 - Beschwerde von Jocelyne Lopez an Prof. Martin Stratmann, Präsident der Max Planck Gesellschaft:

From: Jocelyne Lopez
Sent: Saturday, July 30, 2016 2:39 PM
To: beck@gv.mpg.de
Cc: Information@bmbf.bund.de ; internet-redaktion@stk.niedersachsen.de ; wolfgangw.engelhardt@t-online.de
Subject: Beschwerde bzgl. einer Bürgeranfrage zum LIGO-Experiment

An: Prof. Martin Stratmann, Präsident der Max Planck Gesellschaft - beck@gv.mpg.de

Cc:

Prof. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung - information@bmbf.bund.de

Herr Stephan Weil, Ministerpräsident des Landes Niedersachsen - internet-redaktion@stk.niedersachsen.de

Sehr geehrter Herr Professor Stratmann,

hiermit beschwere ich mich über die Behandlung meiner Bürgeranfrage nach

Informationsfreiheitsgesetz über das LIGO-Experiment durch die Direktoren des Albert Einstein Instituts. Angesprochen bei dieser Bürgeranfrage wurden die Direktoren Prof. Hermann Nicolai, Prof. Alessandra Buonanno, Prof. Bruce Allen, Prof. Karsten Danzmann und Prof. Bernard Schutz, wobei einzig Prof. Nicolai und Prof. Danzmann sich zur Bürgeranfrage geäußert haben, ohne allerdings meine konkreten Fragen befriedigend zu beantworten.

Den kompletten Verlauf der Austausche im Rahmen dieser Anfrage entnehmen Sie bitte der vollständigen Zusammenstellung der Korrespondenz im Internet unter folgendem Link:

Bürgeranfrage über das LIGO-Experiment zum Nachweis von Gravitationswellen

<http://www.kritik-relativitaetstheorie.de/Anhaenge/Anfrage%20LIGO-Experiment.pdf>

Den Sachverhalt fasse ich nachstehend kurz zusammen:

Es bestehen verstörende Ungereimtheiten bzw. Unstimmigkeiten bezüglich der Eichung der Meßanlage, die unbedingt einer Klärung bedürfen:

1. In der offiziellen Publikation des Experiments, genannt „Discovery Paper“, wird auf eine einzige Kalibrationsmethode unter Referenz [63] hingewiesen, um nachzuweisen, dass die Meßeinrichtung in der Lage ist, eine Verschiebung der Interferometer-Spiegel durch 10 mit Strahlungsdruck erzeugte Oszillationen während einer Zeitspanne von 0,2 Sekunde zu registrieren, also in der gleichen Weise, wie die entdeckte Gravitationswelle am 14. September 2015 sie erzeugt haben sollte.
2. Erstaunlicherweise ist diese im Discovery Paper angekündigte und beschriebene Kalibrationsmethode Referenz [63] lediglich ein bisher unveröffentlichter e-print, der keine relevanten Daten enthält, was erst einmal für eine seriöse Publikationspraxis ungewöhnlich und auch nicht zumutbar ist. Die Anzahl von ca. 1000 Autoren, die sich an der Kalibrierung beteiligt haben sollen, ist nicht sehr glaubwürdig.
3. Darüber hinaus hat sich im Laufe der Befragung des Albert Einstein Instituts herausgestellt, dass diese im Discovery Paper offiziell angekündigte und beschriebene Kalibrationsmethode anscheinend nicht angewandt wurde, weil sie technisch nicht durchführbar und überdies nicht zur Kalibration geeignet sei.
4. Zwar wurde vom Albert Einstein Institut im Laufe der Befragung darauf hingewiesen, dass eine andere Kalibrationsmethode angewandt wurde, die

sich jedoch nicht eignet, die angegebene Verschiebung des Spiegels während 10 Oszillationen in einer Zeitspanne von 0.2 Sekunden zu registrieren: Es handelt sich nämlich lediglich um die kontinuierliche Registrierung des Rauschhintergrundes durch die Messanlage, und nicht um die Registrierung eines einzigen, zeitlich eingegrenzten Ereignisses von 0.2 Sekunden. Beide bei dem LIGO-Experiment als Kalibration genannten Methoden sind unabhängige Untersuchungen, die nichts miteinander zu tun haben und auch verschiedene Größen messen. Sie sind nicht vergleichbar und können auch nicht verglichen werden, aus dem guten Grund, dass die entscheidende Kalibrationsmethode, auf die im Discovery Paper hingewiesen wurde, offensichtlich auch in Ref. 63 nicht durchgeführt wurde.

Somit liegt zum heutigen Zeitpunkt der experimentelle Beweis nicht vor, dass die Messanlage am 14. September 2015 eine Gravitationswelle mit ca. 10 Oszillationen in einer Zeitspanne von 0.2 Sekunden mit der angegebenen Messgenauigkeit registrieren konnte. Einzig eine nachträgliche Durchführung des im Kalibrationspaper [63] genannten, entscheidenden Eichungsverfahrens könnte Klarheit und Gewissheit über diese extreme Leistung der Messanlage erbringen und damit einen Hinweis auf die mögliche Existenz von Gravitationswellen geben, sofern das einmalig gemessene und veröffentlichte Signal nicht andere Ursachen hat.

Die Bürger und Steuerzahler dürfen nicht hinnehmen, sehr geehrter Herr Professor Stratmann, dass das Albert Einstein Institut ungesicherte Ergebnisse eines extrem teuren Experiments, welches mit Millionen von Subventionen aus der Steuerkasse finanziert wird, offiziell vertritt und verbreitet. Ich appelliere an Ihr Verantwortungsbewusstsein und an Ihre Verpflichtungen gegenüber der Wissenschaft und der Öffentlichkeit: Bitte schenken Sie meiner Beschwerde angemessene Beachtung!

Mit freundlichen Grüßen
Jocelyne Lopez

(Schriftwechsel wird fortlaufend aktualisiert)