

Jahresbericht 2018

Einleitung

Im Dezember 2017 wurde der Nobelpreis für Physik an Kip Thorne, Barry Barish und Rainer Weiss für ihre besonderen Verdienste, die zum erstmaligen direkten Nachweis von Gravitationswellen (GW) führten, verliehen. Dies war für unsere Gesellschaft Grund genug, dem Thema GW auch im vergangenen Jahr ihre spezielle Aufmerksamkeit zu schenken. Es gelang für die gemeinsam mit der Universität Bern veranstalteten Einstein Lectures 2018, die turnusgemäss der Physik und Astronomie gewidmet waren, Barry Barish als hochkompetenten Redner für die üblichen drei öffentlichen Abendvorträge in der Aula der Uni Bern zu gewinnen werden. Eine Zusammenfassung der Vorlesungen ist unter „Einstein Lectures“ zu finden.

Einstein Haus

Die Betreuung des Einstein Hauses (EH) an der Kramgasse 49 in Bern wurde einmal mehr als die sichtbarste Aktivität der Gesellschaft bestätigt. Nachdem Ende 2017 der langjährige Leiter des Einstein-Hauses, Jürg Rub, seinen Rücktritt auf Ende 2018 ankündigt hatte, war der Vorstand im Verlaufe des Jahres bemüht, eine adäquate Nachfolge zu etablieren. Als neue Leiterin des EH wurde Frau Tatsiana Widmer gewählt; ihre Stellvertretung und die stark gewachsene Administration der Führungen übernimmt Frau Jan Lehmann. Der Vorstand ist überzeugt, dass die beiden Damen, zusammen mit dem personell leicht veränderten Aufsichtsteam, den Betrieb des EH erfolgreich weiterführen werden.

Jürg Rub, Leiter des Einstein Hauses seit 2006, kann auf eine sehr erfolgreiche Tätigkeit zurückblicken. Zusammen mit dem Vorstand der AEG half er mit, dem Einstein Haus eine stabile Zukunft als wichtige Berner Kulturstätte zu sichern. Mit seinem Engagement und Talent hat Jürg Rub viel zur Konsolidierung des Hauses und zum markanten Anstieg der jährlichen Besucherzahlen auf über 60'000 beigetragen. In erster Linie war er für die Bildung und den Einsatz des Aufsichtsteams, das aufgrund der starken Zunahme der Besucherzahlen wachsenden Belastungen ausgesetzt ist, verantwortlich. Darüberhinaus waren ihm auch die Organisation und Durchführung sowohl der jährlichen Museumsnacht im Einstein-Haus als auch der Einstein-Feier zur Vergabe der Einstein Medaille ein besonderes Anliegen. Wie er es selbst ausdrückt, waren für ihn die 13 Jahre im Einstein-Haus sehr lehrreich und bereichernd. Für seinen unermüdlichen Einsatz gebührt ihm grosser Dank. Der Vorstand der AEG wünscht Jürg Rub in Zukunft weniger „fremd bestimmte“ und vor allem geruhsamere Tage.

Aufgrund früherer Erfahrungen wurde anlässlich der Berner Museumsnacht am 16./17. März versucht, den etwas engen Raumverhältnissen im EH mit einer partiellen Auslagerung des Angebots zu begegnen. Die vom Publikum immer sehr gut besuchten Vorträge zu Einsteins wissenschaftlichen Aktivitäten in Bern wurden neu in der Zunftstube zur Metzgerin an der Kramgasse 45, in

unmittelbarer Nähe des EH, angeboten. Das neue Szenario hat die Erwartungen erfüllt und eine entsprechende Fortsetzung der Massnahme in den folgenden Jahren ist vorgesehen. Die Besucherzahl scheint sich auf dem Niveau zwischen 1600 und 1700 Personen einzupendeln, in anbetracht der durch die vorhandenen Räumlichkeiten beschränkten Aufnahmefähigkeit eine respektable Zahl.

Bereits in den Frühlingsmonaten zeichnete sich ab, dass sich das EH weiterhin einer hohen Attraktivität für Touristen aus aller Welt erfreuen darf. Der grosse Zuspruch von Besuchern setzte sich erfreulicherweise während des Jahres fort und Ende Dezember durften wir die bisher jährliche Höchstzahl von insgesamt 67'204 Besucher verzeichnen. Auf diesem hohen Niveau ist die Zunahme von 5% gegenüber dem bisherigen Rekordergebnis im letzten Jahr bemerkenswert. Die Nachfrage nach den Besuchern speziell angepassten Führungen ist ebenfalls weiterhin hoch. Speziell bei Schulen ist eine stufengerechte Erklärung von Einsteins wissenschaftlichen Leistungen in Bern wichtig. Das hat dazugeführt, dass vor allem ausländische Schulen aus allen Teilen der Erde, insbesondere aus Uebersee, das EH regelmässig besuchen. Bewährt hat sich die vorausgehende Abklärung der speziellen Wünsche der Gruppen Erwachsener sowie dem Alter und der schulischen Vorbildung bei Schulklassen. Insgesamt hatten wir 73 Führungen, zu einem erheblichen Teil aus verschiedenen Ländern in Europa und auch Uebersee sowie 31 angemeldete Gruppenbesichtigungen zu verzeichnen.

Empfehlungen und Auszeichnungen zum Besuch unseres Hauses erhielten wir von internationalen Touristikwebsites wie MyCityHighlight, Trip Advisor, Yelp, TOP 10 Highlight 2018 u.a. Im Jahr 2018 wurde das Einstein-Haus in verschiedenen Medien erwähnt, u.a. Michelin le guide vert, Jewish News, BBC History Magazine, Discover Germany, Switzerland & Austria, die ein breites internationales Publikum erreicht haben.

Mitglieder Versammlung und Einstein Feier

Die Mitglieder Versammlung (MV) 2018 fand am 15. Mai statt. Nach Genehmigung der Traktandenliste und dem Protokoll der vorjährigen MV präsentierte der Präsident seinen Bericht für das Jahr 2017. Aufgrund der entschuldigenden Absenz des Kassiers Heinz Messerli kommentierte der Präsident auch die aufliegende und wie immer tadellos ausgewiesene und professionell geführte Jahresrechnung. Anschliessend wurde das Schreiben des externen Revisors Peter Geissbühler, der ebenfalls nicht anwesend sein konnte, vorgelegt. In diesem wurde bestätigt dass die gemäss den bestehenden Vorschriften abgefasste Rechnungsführung als einwandfrei zu taxieren sei und deshalb die MV zur Genehmigung empfohlen werde. Die anwesenden Mitglieder erteilten sodann dem Vorstand einstimmig Décharge ohne Vorbehalte. Auch das wie immer eher konservative Budget für das Jahr 2019 fand anschliessend die Zustimmung der Versammlung ohne Gegenstimme. Dem Antrag des Vorstands, den Jahresbeitrag auf dem bisherigen Niveau zu belassen wurde ebenfalls einstimmig entsprochen. Wie bisher rekrutieren sich etwa 10% der rund 200 Mitglieder der Gesellschaft im Ausland, sowohl in Europa als auch in Uebersee.

Der Mitgliederversammlung folgte traditionsgemäss die Uebergabe der Einstein Medaille für das Jahr 2018. Die Medaille wurde Juan Martin Maldacena, Professor am Advanced Study Institute in Princeton (USA), für seine fundamentalen wissenschaftlichen Beiträge zum Verständnis von Stringtheorie, Quantengravitation und Eichtheorien überreicht. Insbesondere gewürdigt wurde die von ihm entdeckte holographische sogenannte *AdS/CFT Correspondence*, deren Weiterentwicklung schliesslich in die *Gauge/Gravity Duality* mündete.

Der wie üblich an der Universität Bern stattfindende Anlass wurde durch den Vorsitzenden des wissenschaftlichen Kuratoriums der AEG, Philippe Jetzer, mit einer Laudatio eröffnet. Anschliessend überreichte der Präsident der Einstein Gesellschaft, Hans-Rudolf Ott, die Einstein-Medaille und die dazu gehörige Urkunde zur Würdigung der erwähnten Beiträge. Anschliessend sprach der Geehrte zum Thema

„ *Black Holes and the structure of space time*“

In diesem Vortrag erinnerte Maldacena vorerst an einige grundlegende Einsichten die sich aus Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie bezüglich der Raum-Zeit Geometrie ergeben. Als speziell neu wurde erkannt, dass durch Gravitation, eine Folge der Raum-zeit Geometrie, der Fluss der Zeit beeinflusst wird. Frühe Debatten bezüglich der Existenz von Schwarzen Löchern (SL) begannen 1916 mit Schwarzschilds exakter Lösung von Einsteins Gleichung für Gravitationsfelder ausserhalb einer massiven Kugel im Rahmen der Allgemeinen Relativitätstheorie. Ansichten zur Existenz von SL waren lange Zeit zwiespältig. Einstein selber bezweifelte deren Realität, S. Chandrasekhar andererseits befand sie als unvermeidlich. In den 1960er Jahren erhöhte sich das Interesse für SL. Insbesondere die kurz nach 1970 erschienenen Arbeiten von S. Hawking, in denen er unter anderem die Existenz von SL mit der Inkonsistenz von Gravitation und Quantenmechanik (QM) verband, fanden Beachtung. Hawkings Verknüpfung der Quantenmechanik mit SL implizierte, dass SL thermische Strahlung emittieren, also gar nicht wirklich schwarz sind. Ueberraschend ist, dass die Temperatur eines SL mit abnehmender Grösse zunimmt. Es sind die thermischen Eigenschaften der SL welche die Verbindung von QM und Gravitation herstellen aber auch Rätsel aufgeben.

Insbesondere stellt sich die Frage, warum SL eine von null verschiedene Temperatur annehmen. SL können auf verschiedene Weise entstehen, deren Verdampfung scheint aber immer in gleicher Weise zu geschehen. Man vermutet aber, dass subtile Unterschiede in der jeweils emittierten Strahlung Hinweise auf die Art der Entstehung der SL geben könnten.

Das Dilemma der Inkonsistenz zweier für sich offenbar sehr erfolgreichen Theorien (Quantenmechanik und Gravitation) führte zu neuen theoretischen Ueberlegungen. Daraus entwickelte sich die sogenannte Stringtheorie, welche in speziellen Fällen als mögliche konsistente Theorie der Quantengravitation betrachtet wird. In der Folge besprach Maldacena in einem anspruchsvollen Exkurs die Zusammenhänge zwischen Schwarzen Löchern, Information,

Verschränkungen und Geometrie. Der Vortrag endete mit den Schlussfolgerungen:

- Schwarze Löcher stellen Gebilde dar, bei denen die Geometrie der Raumzeit in dramatischer Weise verzerrt wird.
- Schwarze Löcher führen, in Verbindung mit der Quantenmechanik, zu speziellen theoretischen Herausforderungen.
- Die Stringtheorie kann Schwarze Löcher, von aussen gesehen, konsistent beschreiben.
- Die Raumzeit ist ein effektives (approximatives) Konzept, das auf der Existenz von Elementarteilchen am Rande der Raumzeit basiert.
- Verschränkung spielt bei der Bestimmung der Raumzeitstruktur eine entscheidende Rolle.

Einstein Lectures

Der vierte Zyklus der nun seit 10 Jahren stattfindenden Einstein Lectures wurde mit einer Serie von 3 Vorträgen im Bereich „Physik“ eröffnet. Die drei Vorträge an drei Abenden Mitte November wurden, wie üblich, zusammen mit der Universität Bern organisiert. Als Thema wurde das neue und hochaktuelle Gebiet der Forschung über und mit Gravitationswellen (GW) gewählt. Als Referent konnte Barry Barish, Professor am California Institute of Technology in Pasadena, USA gewonnen werden. Für den ersten direkten Nachweis dieser Wellen, von Einstein erstmals 1916 postuliert, erhielt er, zusammen mit Kip Thorne, auch am CalTech und Träger der Einstein Medaille 2009, sowie Rainer Weiss, Professor am MIT, den Nobelpreis für das Jahr 2017.

Die erste Vorlesung mit dem Titel „*From Einstein to Gravitational Waves*“ begann damit, die Zuhörer an Newtons Formulierung seiner Gravitationstheorie im Jahre 1687 und deren experimentelle Verifikation durch Henry Cavendish, fast 100 Jahre später, zu erinnern. Mit dem betreffenden Laboratoriumsexperiment wurde ein numerischer Wert für die Gravitationskonstante ermittelt, der nur etwa 1% vom heute anerkannten Wert abweicht. Die Verifikation der Theorie auf astronomischer Skala gelang Urban Le Verrier. Er fand eine kleine Diskrepanz zwischen der gemessenen Umlaufbahn von Uranus und jener, die mit Berechnungen mit Hilfe der Keplerschen Gesetze ermittelt wird. Daraufhin postulierte er 1846 die Existenz und den Ort eines neuen Planeten (Neptun). Seine Voraussage wurde unmittelbar darauf mittels Beobachtung innerhalb Bruchteilen von Graden der entsprechenden Winkel bestätigt. Vier Jahre später fand Le Verrier eine kleine Diskrepanz zwischen Newtons Theorie und der elliptischen Umlaufbahn des Planeten Merkur um die Sonne. Der beobachtete Effekt, die Perihelion Verschiebung des Merkur, zwar im Einklang mit Newtons Theorie aber mit einer kleinen numerischen Abweichung, spielte bei Einsteins Entwicklung der Allgemeinen Relativitätstheorie eine wesentliche Rolle, ebenso wie erste Überlegungen zur Ablenkung des Lichts durch die Schwerkraft (Gravitation) im Jahre 1907 während Einsteins Zeit in Bern. Bis zu diesem Zeitpunkt galt Newtons Theorie als sehr erfolgreich, obwohl diese kleinen Ungenauigkeiten nach einer Klärung der Situation verlangten. Obwohl Einstein

die erwähnten Diskrepanzen kannte, waren seine Gedanken eher durch seine Zweifel am Konzept der Theorie getrieben. Die folgenden diesbezüglichen Arbeiten resultierten schliesslich in der Präsentation einer Allgemeinen Relativitätstheorie im November 1915 in Berlin; die erwähnten Unsicherheiten wurden dadurch automatisch eliminiert.

Nach diesen einführenden Anmerkungen wurde, beginnend mit Einsteins erster Notiz über Gravitationswellen (GW) im Juni 1916 und der 1918 folgenden Korrekturen der Rechnungen, die Geschichte der GW kurz rekapituliert. Das Thema wurde erst 1936 wieder aufgenommen. Einstein und Rosen, seit kurzem in Princeton, reichten eine Arbeit mit dem Titel *Do Gravitational Waves exist?* bei der Zeitschrift *Physical Review* ein. Nachdem Einstein dabei zum ersten Mal mit einem negativen peer-review Rapport konfrontiert wurde, stellte er diesen für ihn ungewohnten Prozess prinzipiell in Frage. Aufgrund des Nachweises eines Rechenfehlers wurde das Manuskript schliesslich zurückgewiesen. Eine stark revidierte Version des Manuskripts mit dem Titel *On Gravitational Waves* wurde anschliessend im *Journal of the Franklin Institute* publiziert und von da an hat Einstein nie mehr eine Arbeit bei *Physical Review* eingereicht. Die angesprochene Unsicherheit dauerte noch einmal 20 Jahre. Erst 1957 wurde, anlässlich der Chapel Hill Conference, die Frage nach der Existenz von GW in positivem Sinne beantwortet. Man war sich einig, dass GW Energie transportieren und mit diesem Segen von Theoretikern wie Biondi, Pirani und Feynman wurden Experimentalphysiker dazu ermuntert, das Phänomen direkt nachzuweisen.

Es war sofort klar, dass die Realisierung einer GW Quelle und der Nachweis der emittierten Wellen in einem Laboratoriumsversuch aufgrund des sehr kleinen Werts der Gravitationskonstante nicht möglich sein würde. Man kam zur Einsicht, dass einzig der Nachweis von GW, emittiert von kosmologischen und astrophysikalischen Quellen, mit entsprechenden Detektoren Erfolg versprechen würde. Die ersten diesbezüglichen Versuche wurden von Joseph Weber mit grossen, zu sehr tiefen Temperaturen gekühlten Resonanzbalken aus Aluminium unternommen. Damit gelang es aber nicht, GW zweifelsfrei nachzuweisen. Der erste *indirekte* Nachweis von GW gelang Joseph Taylor und Russell Hulse mittels der langzeitigen Beobachtung der Umlaufperioden eines binären Pulsars. Die Abnahme dieser Rate wurde dem Energieverlust des Systems durch Emission von GW zugeschrieben. Diese Entdeckung wurde 1993 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Zwei Jahre zuvor, 1991, erhielt J. Taylor die Einstein Medaille der AEG. Der letzte Teil der ersten Vorlesung fasste die Geschichte der ersten Beobachtungen von Raumzeit Verzerrungen mittels Interferometrie mit schwebenden Massen zusammen. Als Beispiel diente die Erzeugung solcher Verzerrungen durch die Verschmelzung von binären schwarzen Löchern (SL) und deren schliesslich erfolgreichen Nachweis. Die durch die beiden GW Observatorien der mit der Einstein Medaille 2017 ausgezeichneten LIGO Kollaboration in Livingston und Hanford (beide in USA) registrierten Signale stammten von einer Verschmelzung eines binären SL vor ungefähr 1.3 Milliarden Jahren (entspricht einer Entfernung von ca. 1.3×10^{22} km) und wurden am 14. September 2015 erfasst.

Der Inhalt der 2. Vorlesung über „*Gravitational Waves from Detectors to Detection*“ umfasste die Beschreibung dessen was es braucht, um die notwendige Empfindlichkeit zur Beobachtung von relativen Längenänderungen $\Delta L/L = h$ die, aufgrund des Durchgangs einer GW durch ein Interferometer mit schwebenden Massen entstehen, zu erreichen. Beschrieben wurden die wichtigsten Komponenten des Interferometers wie Testmassen, Spiegel und Laser, insbesondere die Anforderungen an deren Grenzen bezüglich messtechnischer Unsicherheiten. Da die Raumzeit sich als sehr steif erweist sind deren zu erwartenden Verzerrungen sehr klein und damit auch die induzierten Aenderungen des Abstandes zweier frei beweglicher Massen minim. Als entsprechende Zielgrösse für die LIGO Observatorien wurde $h = 10^{-21}$ gesetzt. Dieser Wert wird verlangt um die Verschmelzung eines binären SL mit 30 Sonnenmassen in einer Distanz von 500 Mpc (ca. $1,5 \times 10^{22}$ km) zweifelsfrei nachzuweisen. Mit der aktuellen Länge von 4 km eines Interferometerarms können somit Längenänderungen ΔL der Grösse von etwa 10^{-18} m gemessen werden. Wenn man bedenkt, dass ein Proton einen Durchmesser von ungefähr 10^{-15} m aufweist, ist die geplante und offensichtlich erreichte Empfindlichkeit bemerkenswert. Die wesentliche Aufgabe bei der Konzipierung, Konstruktion und Operation dieser Instrumentierung ist die Trennung des gesuchten Signals von den vielen möglichen störenden Einflüsse der Umgebung. Ausschlaggebend für die Leistungsfähigkeit des Observatoriums ist die sehr grosse Dichte von Photonen in den Laserstrahlen, welche die beiden Arme des Interferometers durchlaufen und damit die Statistik des Experiments günstig beeinflussen. Kommentaren zur sukzessiven Entwicklung der instrumentellen Infrastruktur folgte die Beschreibung und Diskussion einiger der registrierten Signale der beobachteten Ereignisse seit 2015.

Im Sommer 2017 erfolgte der Einbezug des kleineren aber messtechnisch aufgerüsteten GW Observatoriums VIRGO mit Standort in der Nähe von Pisa in Italien in das Beobachtungsprogramm. Damit konnte, mittels Triangulation, die Bestimmung der Richtung, aus welcher die GW die Erde trafen, substantiell verbessert werden. In der darauf folgenden Messperiode wurde ein speziell herausragendes Ereignis registriert.

Die Signale deuteten auf einen Zusammenstoss zweier Neutronensterne hin. Dabei sind die involvierten Massen bedeutend kleiner als bei der Verschmelzung von SL. Zudem wird der Vorgang begleitet von der Emission elektromagnetischer Strahlung. Letztere wurde denn auch von zahlreichen entsprechend alarmierten Observatorien über mehrere Tage beobachtet. Die letzte Folie der Vorlesung zeigte den Vergleich eines gemessenen GW Signals mit dem besten Angleich mittels Modellrechnungen auf der Basis der allgemeinen Relativitätstheorie.

Die dritte Vorlesung mit dem Titel „*Gravitational Waves and a Future New Science*“ begann mit der Repetition der wichtigsten Fakten der ersten zwei Vorlesungen und war anschliessend einem Ausblick auf zu erwartende neue Möglichkeiten zur Beobachtung von fundamentalen Vorgängen während der Entwicklung des Universums, d.h., weit zurück in der Zeit und weit entfernt im Raum, gewidmet. Der neue Aspekt wird als *multi-messenger astronomy* mit GW,

Strahlung aus dem elektromagnetischen Spektrum wie Radiowellen, infrarotes, sichtbares und UV Licht bis zu Röntgen- und Gammastrahlung, sowie Schauern von Neutrinos, bezeichnet. Die GW Signale sind nur während Sekunden oder Bruchteilen davon messbar, wobei deren Frequenz sich kurz vor der Verschmelzung sehr schnell erhöht. Die elektromagnetische Strahlung hingegen kann während längerer Zeiten, bis hin zu Tagen, registriert werden. Theoretische Modelle ergeben, dass letztere vermutlich auf den radioaktiven Zerfall von Isotopen, die bei der Verschmelzung entstehen, zurückzuführen ist. Der verantwortliche Prozess ist unter dem Namen *rapid neutron-capture (r-process) nucleosynthesis* bekannt. Die thermisch induzierte Strahlung dieser sogenannten kilonovae kann für die Identifikation der durch die r-Prozesse entstandenen Produkte, wie zum Beispiel die Elemente Gold (Au) und Platin (Pt), dienen. Ein grosser Teil der schweren Elemente im Periodensystem, d.h. jenseits von Fe, stammen von Kollisionen zweier Neutronensterne. Letzteres ist eine zusätzliche Erkenntnis aus dem oben erwähnten, ersten direkt beobachteten Ereignis dieser Art. Es wird erwartet, dass spezielle Charakteristiken der GW-Signale Aufschluss geben können über die Entstehung von Schwarzen Löchern.

Im weitem wurden notwendige technische Verbesserungen bezüglich Testmassen und Laser, die eine optimale Leistungsfähigkeit der bestehenden LIGO Anlagen ermöglichen würden, beschrieben. Angestrebt werden die Erweiterung der beobachtbaren kosmischen Reichweite, die Erhöhung des Verhältnisses des Signals zum störenden Hintergrund und damit eine Erhöhung der Anzahl beobachtbarer Ereignisse. Zukünftige Anlagen wie z.B. das Einstein Teleskop, ein Europäisches Vorhaben, wird mit Vorteil im Untergrund installiert werden und mit längeren Armen in dreieckiger Anordnung versehen sein. Um zusätzlich störende Einflüsse zu minimieren wird vorgesehen, die Detektoren auf tiefe Temperaturen zu kühlen. Damit erwartet man eine Empfindlichkeit der neuen Anlage zu erreichen, die jene der bestehenden LIGO Anlagen um einen Faktor 10 übertreffen würden. Erwähnt wurden auch neue Observatorien, die sich im Bau befinden, so KAGRA in Japan und LIGO India. Es wird erwartet, dass diese Instrumente 2019, respektive 2025 den operativen Betrieb aufnehmen können. Nebst diesen Projekten für erdgebundene Observatorien wurde auch kurz ein geplantes raumgestütztes GW Observatorium vorgestellt. Bei diesem Vorhaben der *European Space Agency (ESA)* handelt es sich um eine *laser-interferometer space antenna (LISA)*. Das Instrument besteht aus drei Interferometern, angeordnet in einem gleichseitigen Dreieck mit einer Seitenlänge von 2.5 Mkm. Die bereits erfolgte explorative Mission *LISA-Pathfinder*, mit der die Erfolgsaussichten mit der gewählten Technologie ausgelotet wurden, ist erfolgreich verlaufen. Die operative Phase dieses gigantischen Instruments soll 2035 beginnen. Im Rahmen eines weiteren Projekts soll der Einfluss von GW auf die *Zeitkomponente* der Raumzeit untersucht werden. Das Konzept des Experiments basiert auf der periodischen Emission elektromagnetischer Strahlung von Pulsaren, die als hochpräzise Uhren betrachtet werden können. Weltweit haben sich viele Kollaborationen gebildet um den Effekt mit Hilfe eines *pulsar timing array (PTA)* zu untersuchen. Dieser Ansatz ist geeignet, Ereignisse im Bereich sehr tiefer Frequenzen zu beobachten.

Die bisher bekannten astrophysikalischen GW Quellen können mittels der Struktur der empfangenen Signale charakterisiert werden. Die kompakten binären Objekte die sich einander spiralförmig annähern enden in einer, kurz vor dem Kollaps sich rasch erhöhenden Umlauffrequenz die, akustisch umgesetzt, als Gezirpe wahrgenommen werden kann. Spezielle Charakteristika von Supernovae und Quellen von Gammastrahlung sind GW Ausbrüche und diesen vorausseilende Neutrinoschauer. Eine dritte Klasse sind die Pulsare. Auch vielversprechend sind aber kosmologische GW Signale die einen stochastischen Hintergrund bilden und in gewissem Sinne ein Analogon zur bereits bekannten kosmologischen Mikrowellen Hintergrundstrahlung (CMB) darstellen. Die Beobachtung solcher GW Signale und deren Interpretation scheint der einzige Weg zu sein um Informationen über Ereignisse im sehr jungen Universum zu gewinnen und stellt damit eine sehr attraktive Herausforderung für zukünftige Forschungsvorhaben dar. Entsprechende Erfolge bedingen aber die Entwicklung neuer Konzepte für GW Detektoren und neue Ansätze für die Analyse der anfallenden Daten.

Die letzte Folie dieser Vorlesung und somit der gesamten Serie der EL 2018 erinnerte die Zuhörer an den Beginn der auf Beobachtung mit optischen Geräten gestützten Astronomie durch Galilei und verglich den damaligen Aufbruch mit der heutigen Situation, d.h., dem Beginn einer neuen Aera in experimenteller Astronomie und Astrophysik mit dem Einbezug der Beobachtung von Gravitationswellen.

Das Thema der diesjährigen EL war, gemäss Erwartungen, für das Publikum sehr attraktiv; die drei Vorträge waren alle ausserordentlich gut besucht. Die Aula der Universität war jeden Abend voll besetzt und die Vorträge wurden in einen zusätzlichen Hörsaal übertragen. Im Gegensatz zu diesem direkten Publikumserfolg beschränkten sich private gedruckte Medien auf eher magere Hinweise der Veranstaltung und auch das Schweizer Fernsehen sah sich nicht veranlasst, einen Beitrag in einer seinen Sendungen über Wissenschaft aufzunehmen. Die Schweizer Medien haben somit frühe Berichte über eine wichtige, sich neu entwickelnde Forschungsrichtung verpasst. Dafür produzierte die Uni Bern auf einer eigenen Plattform ein sympathisches und informatives Interview mit Barry Barish. Mehr *action* verzeichneten diverse soziale Medien.

Die Vorträge sind als podcast über www.einsteinlectures.ch zugänglich, ebenso Informationen über die Lectures früherer Jahre.

Wissenschaftliches Kuratorium

Ende November traf sich das wissenschaftliche Kuratorium zur Auswahlsitzung für die Vergabe der Einstein Medaille 2019. Die diversen Vorschläge wurden eingehend besprochen. Nach Abwägungen aufgrund verschiedener Kriterien wurde schliesslich einer der Vorschläge einstimmig favorisiert und dem

Vorstand der Gesellschaft zur Wahl vorgeschlagen. Wie immer folgte der Vorstand der Empfehlung ebenfalls einstimmig.

Mit der Verleihung der Einstein Medaille an

Clifford Martin Will

Distinguished Professor of Physics at the University of Florida, Gainesville, USA

würdigt die Albert Einstein Gesellschaft seine bedeutenden Beiträge zur theoretischen Analyse von experimentellen Tests der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Clifford Martin Will, 1946 in Hamilton (Ontario, Canada) geboren, ist ein theoretischer Physiker und gilt als Spezialist für Gravitationsphysik. Will studierte zunächst an der McMaster University, wo er 1968 seinen Bachelor-Abschluss machte. Danach wechselte er ans Caltech, wo er 1971 bei Kip Thorne (Einsteinmedaille 2009) promovierte. Als Postdoc blieb er ein Jahr am Caltech und arbeitete anschliessend von 1972 bis 1974 als Enrico Fermi Fellow an der Universität Chicago. 1974 wurde er Assistant Professor an der Stanford Universität und ab 1981 war er als Associate Professor an der Washington Universität in St. Louis tätig. 1985 erhielt er an derselben Universität eine volle Professur (ab 2005 als McDonnell Professur bezeichnet). Seit August 2012 ist er Distinguished Professor of Physics an der Universität Florida in Gainesville. Von 1975 bis 1979 war er Sloan Fellow, 1989 Fellow der American Physical Society und 1996/7 Guggenheim Fellow und Fulbright Fellow. Seit 2002 ist er Mitglied der American Academy of Arts and Sciences. 2004 bis 2007 war er Präsident der International Society on General Relativity and Gravitation.

In seinen Forschungsarbeiten befasste sich Clifford Will insbesondere mit theoretischen Arbeiten zur Analyse von Experimenten sowie der überprüfbareren Vorhersagen von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Hervorzuheben ist seine Beteiligung an der Entwicklung theoretischer Grundlagen für die Analysen von Relativitätstests im Sonnensystem und mit binären Pulsaren. Der erste binäre Pulsar (auch als Doppel-Pulsar bekannt) wurde von Hulse und Taylor (Einsteinmedaille 1991) im Jahre 1974 entdeckt. Die Analysen von Messungen der Verringerung des Abstandes beider Sterne im Doppel-Pulsar ergaben einen indirekten Beweis für die Emission von Gravitationswellen, in Übereinstimmung mit der Allgemeinen Relativitätstheorie. Für diesen ersten indirekten Nachweis der Existenz von Gravitationswellen wurden Hulse und Taylor 1993 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Um die damaligen Beobachtungen mit der Theorie vergleichen zu können war es von zentraler Bedeutung, die entsprechenden Lösungen der Einstein Gleichungen in der sogenannten Post-Newtonschen Näherung zu lösen. Es handelt sich dabei um eine systematische Entwicklung der Lösungen bezüglich der Grösse v/c (wobei v die Umlaufgeschwindigkeit des Doppel-Pulsars und c die Lichtgeschwindigkeit bedeuten). Will hat diesbezüglich entscheidende Beiträge geliefert und überhaupt dieses Gebiet der Post-Newtonschen Näherungsverfahren ganz entscheidend mitgeprägt. Wegen seiner wichtigen Beiträge zur Berechnung des Doppel-Pulsars wurde er von Taylor und Hulse zum Festakt von deren Nobelpreisverleihung eingeladen.

Später hat er sich darauf konzentriert, Einsteins Theorie im dynamischen Starkfeldregime zu testen, insbesondere im Zusammenhang mit Gravitationswellen. Die vom ihm und seiner Arbeitsgruppe entwickelten Formen von Gravitationswellen spielten eine wesentliche Rolle bei der erstmaligen direkten Detektion von Gravitationswellen im Jahre 2015 durch die bodengestützten Laserinterferometer-Observatorien LIGO und, ab 2017, Virgo. Er schlug auch Möglichkeiten vor, Alternativen zur Relativitätstheorie von Einstein mit Gravitationswellen zu testen. Des Weiteren untersuchte Will Möglichkeiten um Einsteins Theorie im Starkfeldregime in der Nähe von schwarzen Löchern zu testen, hauptsächlich mittels Untersuchungen der Bewegung von Sternen, die sich um das massive schwarze Loch im Zentrum der Milchstrasse drehen. Ein weiteres Forschungsinteresse von Will galt den langfristigen Auswirkungen der Allgemeinen Relativitätstheorie auf die Umlaufbahnen von einzelnen Körpern in Mehrkörpersystemen wie Sternhaufen, die massive schwarze Löcher umgeben, und in hierarchischen Dreikörpersystemen.

Will hat auch wesentliches zur genauen Formulierung und Überprüfung des Äquivalenzprinzips, ein Grundpfeiler der Allgemeinen Relativitätstheorie, beigetragen. Dieses Prinzip, zunächst von Galilei und Newton formuliert mit der Aussage, dass sich die schwere und die träge Masse eines Körpers nicht unterscheiden, hat Einstein 1907 hinterfragt und dessen Bedeutung in den Fokus gestellt.

Clifford Will hat auch sehr viele populärwissenschaftliche Vorträge gehalten und Bücher über experimentelle Gravitationstheorie geschrieben. Sein Buch „Was Einstein right?“ gewann 1987 den Preis der American Physical Society für Science Writing und wurde 1986 von The New York Times Book Review unter die 200 besten Bücher des Jahres gewählt.

Prof. Clifford Will hat auch zahlreiche Ehrungen erhalten: unter anderem wurde er 2007 als Mitglied in die National Academy of Sciences der USA gewählt. 2013 wurde ihm die Würde eines Ehrendoktors der Universität Guelph in Kanada verliehen.

Vorstand

Im Verlaufe des Jahres konnten auch zwei für die Gesellschaft absolut zentrale Geschäfte erfolgreich abgeschlossen werden. Zum einen wurde mit der Fortsetzung des Mietvertrags mit der PSP-Management AG die Existenz des EH in seiner jetzigen Bestimmung ab 1. April 2020 für fünf Jahre, d.h., bis 31. März 2025, mit der Option für eine Verlängerung um weitere fünf Jahre, gesichert. Ebenso wichtig ist der per Leistungsvertrag mit der Kulturabteilung der Stadt Bern zugesicherte jährliche Betriebsbeitrag für die Jahre 2020 bis 2023. Ende Jahr hat der Gemeinderat der Stadt Bern unser Gesuch bewilligt!

Die Geschäfte der Gesellschaft wurden vom Vorstand in vier Sitzungen erledigt. Das wichtigste Geschäft, die Regelung der Nachfolge Rub, konnte in mehreren Schritten, wie oben erwähnt, erfolgreich abgeschlossen werden. Nach längerer Vorarbeit wurde anfangs Juni die unter der Ägide von Paul Burkhard neu konzipierte Website der Gesellschaft aufgeschaltet. Erwähnung verdient die

durchwegs ehrenamtliche Mitarbeit aller Vorstandsmitglieder; dafür sei diesen herzlich gedankt.

Dank

Die, wie oben erwähnt, 2018 erneut angestiegene Besucherzahl hat, vor allem während der meistens heissen Sommermonate, oft zu mehreren hundert Besuchern pro Tag im räumlich stark beschränkten Einstein Haus geführt. Sein Leiter, Jürg Rub, und die Mitglieder des Aufsichtsteams wurden daher oft sehr stark gefordert, bewahrten aber Ruhe und behielten die Uebersicht. Dieser Einsatz, der wie immer massgeblichen Anteil am anhaltenden Besuchererfolg hat, wird von der Gesellschaft ebenfalls gebührend verdankt.

Die Gesellschaft hat auch im vergangenen Jahr auf die finanzielle und ideelle Unterstützung verschiedener Stellen der Stadt Bern, des Vermieters *psp-swiss property*, und unserer Revisionsstelle *Treuhand von Graffenried* zählen dürfen. Allen diesen Institutionen ist die Gesellschaft zu grossem Dank verpflichtet.

Hans Rudolf Ott
Präsident AEG