

Stephen Hawkings letzte große Idee „Weiches Haar“ auf Schwarzen Löchern

Stephen Hawking (8.1.1942–14.3.2018) hat sich sein Leben lang mit Schwarzen Löchern beschäftigt und bahnbrechende theoretische Entdeckungen gemacht, beispielsweise die nach ihm benannte Strahlung. Dieser Blog-Eintrag beschäftigt sich mit seiner letzten großen Idee, „Weichem Haar“ auf Schwarzen Löchern, sowie dem daraus resultierenden Wettbewerb an Ideen zwischen Cambridge U, Harvard U, ULB Brüssel und meiner Forschungsgruppe an der TU Wien.

Teil I – Eine kurze Geschichte des weichen Haars

PhysikerInnen können bei Namensgebungen komplexer Sachverhalte sehr kreativ sein. Ein Meister der Namensgebung war John Wheeler, der den Begriff „Schwarzes Loch“ geprägt hat, sowie den Slogan „Schwarze Löcher haben keine Haare“. Um „weiches Haar“ zu verstehen beginnen wir mit Wheelers Slogan – was bedeutet „Haar“ in diesem Zusammenhang?

Jedes hinreichend große Objekt – z.B. Bakterien, Menschen oder Sonnen – hat eine Fülle an Eigenschaften die es charakterisieren. „Haar“ ist hier eine Metapher für all diese Eigenschaften, da es viel Information bedarf um Haar zu beschreiben (Länge, Farbe, Haardicke, ... – und das für jedes einzelne Haar). Schwarze Löcher sind eine Ausnahme: sie werden, ähnlich wie Elementarteilchen, bloß durch drei Zahlen vollständig charakterisiert: ihre Masse, ihren Drehimpuls und ihre Ladung. Dieser Sachverhalt wird durch Wheelers Slogan ausgedrückt.

An dieser Stelle könnte man mit der Schulter zucken und erwidern „Okay, Schwarze Löcher sind trotz ihrer Größe so einfach wie Elementarteilchen – warum macht die theoretische Physik so ein Drama daraus und führt haarige Metaphern ein?“. Die Antwort darauf liefert die Quantenmechanik.

Im Jahr 1972 machte Jacob Bekenstein den aus damaliger Sicht absurden Vorschlag, dass Schwarze Löcher eine gigantische Entropie haben. Entropie ist Information, also Bits und Bytes in Informatik-Slang; wenn man fragt, was der effizienteste Computer ist den man jemals bauen kann (ein Objekt mit der höchstmöglichen Informationsdichte) so lautet Bekensteins Antwort: „Ein Schwarzes Loch“. Das Problem an Bekensteins Vorschlag war, dass jedes Objekt mit Entropie und Masse auch eine Temperatur haben muss, und alles was Temperatur hat strahlt – aber es war bekannt, dass nichts aus einem Schwarzen Loch entweichen kann, und daher schien Bekensteins Vorschlag unmöglich.

Hawkings größte Entdeckung warf 1974 die letzte Schlussfolgerung über den Haufen. Durch quantenfeldtheoretische Rechnungen im Hintergrund eines Schwarzen Loches stellte er fest, dass doch etwas aus einem Schwarzen Loch entweichen kann, wenn man Quantenfluktuationen zulässt – und man hat hier nicht wirklich eine Wahl, denn unser Universum ist quantenmechanisch. Hawkings Rechnungen zeigen, dass Schwarze Löcher tatsächlich eine Temperatur haben – die Hawking-Unruh-Temperatur – dass sie eine gigantische Entropie besitzen – die Bekenstein-Hawking-Entropie – und dass sie Hawkingstrahlung aussenden.

Wir sind also in der bemerkenswerten Situation, dass Schwarze Löcher ohne Quantenmechanik die einfachsten Objekte im Universum sind, da sie keine „Haare“ haben, aber mit Quantenmechanik die kompliziertesten Objekte sind, die es im Universum geben kann – es gibt, bei gleicher Größe, nichts das mehr Entropie haben kann als ein Schwarzes Loch.

Hawkings Rechnung war der Beginn einer technischen und konzeptuellen Tour-de-force – von

dem Informationsparadoxon über das holographische Prinzip bis hin zu weichem Haar – die auch heute noch nicht abgeschlossen ist. Ungelöste Rätsel der Quantengravitation – dem „Heiligen Gral“ der theoretischen Physik – beziehen sich meistens auf Schwarze Löcher und werfen die Frage auf, warum Schwarze Löcher so viel Information speichern können und wie genau sie das tun.

Stephen Hawking's letzte große Idee (2016-2018, in Zusammenarbeit mit Malcolm Perry und Andrew Strominger) wirft ein neues Licht auf diese Fragen. „Weiches Haar“ ist ein Synonym für unterscheidbare Struktur ohne Energie. Normalerweise hat jede Form von Struktur zumindest ein bisschen Energie (jedes Bit das man irgendwo abspeichern will braucht ein Mindestmaß an Energie, egal wie man es abspeichert), aber das neue Konzept von „weichem Haar“ erlaubt Struktur ohne die Energie zu ändern. Die Behauptung von Hawking, Perry und Strominger ist, dass auch ohne Berücksichtigung der Quantenmechanik Schwarze Löcher Haare haben können, sofern es sich um weiche handelt.

Das wirft natürlich die Fragen auf: „Stimmt das? Und wenn ja, hilft uns weiches Haar die Entropie Schwarzer Löcher zu verstehen?“ Ich beantworte diese Fragen im zweiten Teil ausführlich aus persönlicher Sicht im Tagebuchstil.

Teil II - Internationaler Wettbewerb der Ideen

Buenos Aires, Oktober 2013 Ich will irgendwas gemeinsam mit meinem Gastgeber Gaston Giribet rechnen, vielleicht merke ich dann die lästigen Flugzeuge nicht mehr die alle Viertelstunden knapp übers Institut fliegen – warum baut man ein Institut direkt am Ende der Landebahn eines Flughafens? Und hat sich eigentlich schon jemand angeschaut was passiert, wenn man Randbedingungen nicht im Unendlichen sondern am Horizont eines Schwarzen Loches festlegt? Hm, sieht merkwürdig aus.

Sao Paulo, November 2013 Verschieben wir das Projekt – ich habe Zahnschmerzen und keine Lust auf merkwürdige Rechnungen. Holographie in flachen Raumzeiten sieht vielversprechender aus.

IPM Teheran, Februar 2014 Okay, jetzt weiß ich wieder warum ich das Projekt verschoben habe... Aber irgendwie muss es doch Sinn ergeben am Horizont Randbedingungen festzulegen?! Ich rede mal mit meinem ehemaligen Studenten Hamid Afshar, vielleicht will er mitmachen.

Solvay Institut, Brüssel, April 2014 Sieht noch immer alles sehr merkwürdig aus – ich rede mal mit Stephane Detournay, vielleicht will er auch mitmachen. Und auch mit Blaja Oblak, das scheint ein exzellenter Student zu sein!

TU Wien, Mai 2015 Gut, ich glaube wir haben es mehr oder weniger beisammen; lang hat's gedauert, es sieht immer noch ein wenig merkwürdig aus, und irgendwie verstehe ich, dass Gaston ausgeschieden ist aus dem Projekt – wir haben sicher konsistente Randbedingungen, aber vielleicht gehen wir von einer unpassenden Physik-Annahme aus? Ich denke nicht, es ergibt Sinn, dass unsere Theorie Zustände verschiedener Temperatur zulässt, aber trotzdem, die Ergebnisse sind seltsam...

Cambridge (England), September 2015 Wow, Hawking hat gerade einen Vortrag gehalten wo er behauptet einen neuen Zugang zum Informationsparadoxon gefunden zu haben, basierend auf Arbeiten von Andy Strominger in Harvard. Hm, unsere Randbedingungen am Horizont könnten dafür relevant sein, wir sollten unser Paper rasch fertigstellen!

ULB Brüssel, November 2015 Mist! Jetzt sind uns Laura Donnay, Gaston Giribet, Hernan Gonzalez und Miguel Pino (DGGP) zuvorgekommen! Okay, erst mal beruhigen und ihr Paper lesen. Hm, ...

Die Idee schaut zwar gleich aus, aber die haben eine andere Implementierung und finden andere Symmetrien am Horizont. Gut, wir sollten unseren Feinschliff schleunigst beenden und das Paper am arXiv hochladen – und ein paar e-mails mit den AutorInnen austauschen, ich habe ein paar Fragen.

TU Wien, Dezember 2015 Endlich! Unser Paper ist am arXiv. Ein paar Aspekte sind noch immer merkwürdig, aber die Resultate selbst sind zuverlässig, also kein Grund mehr zu warten.

Cambridge (England) und Cambridge (Neu-England), Jänner 2016 Ich wünschte, mir fielen auch solche Namen ein! Hawking, Perry und Strominger haben eine Arbeit herausgebracht „Weiches Haar auf Schwarzen Löchern“, und sie beziehen sich sogar auf die Randbedingungen von DGGP. Also hat Hawkings Idee definitiv etwas mit Randbedingungen nahe am Horizont zu tun. Ich nehme mir die Arbeit mit ins Flugzeug nach Chile.

TU Wien, Jänner 2016 Hernan Gonzalez (das zweite „G“ in DGGP) würde gerne als Postdoc zu mir kommen – eine phantastische Idee. Wer passt schon besser in meine Gruppe als jemand der mich im Rennen um die erste Publikation zu Symmetrien an Horizonten geschlagen hat! Das Problem ist nur, dass ich derzeit keine Projektmittel frei habe, aber ein FWF Antrag wird gerade begutachtet, mal sehen, vielleicht klappt's – ansonsten schlage ich ihm vor einen Lise-Meitner-Antrag beim FWF zu stellen.

Valdivia, Jänner/Februar 2016 Also, mit Lederhosen, Dirndl und einem Bierfest hätte ich nicht gerechnet als erstem Eindruck in Chile, aber wichtiger ist: was mache ich mit dem Extra-Tag? Heute ist das Institut offenbar wegen eines Feiertages zu, zum Bierfest will ich nicht unbedingt – ich glaube ich versuche einfach mal die Rechnung von DGGP in unseren Formalismus zu übersetzen, vielleicht verstehe ich dann warum unsere Symmetrien so unterschiedlich aussehen.

Ein wenig später Oh! DGGP halten die Temperatur fix! Warum ergibt das Sinn? Das hieße, dass alle Zustände dieselbe Temperatur haben müssen. Okay, das erklärt zumindest warum unsere Ergebnisse so unterschiedlich sind.

Ein wenig später Aha! In unserer Formulierung sehen die Symmetrien immer noch anders aus, selbst wenn man die Temperatur fixiert. Die Algebra sieht irgendwie vertraut aus.

Ein wenig später Jetzt weiß ich warum die so vertraut aussieht – das ist die Heisenbergalgebra! Aber was hat die hier zu suchen, bei den Symmetrien am Horizont? Und wie passt das mit den Symmetrien von DGGP zusammen oder den asymptotischen Symmetrien von Brown und Hennaux von 1986?

Einige Tage später Ich war so aufgeregt über diesen Fund, dass ich ihn im Detail mit meinen Gastgebern, Alfredo Perez, David Tempo und Ricardo Troncoso besprochen habe, und hab sie mit meinem Enthusiasmus angesteckt. Ich werde auch gleich Hamid, Stephane und Blaja schreiben, vielleicht wollen die auch mitmachen! ... Okay, Hamid und Stephane sind dabei, Blaja winkt ab.

Einige Tage später Endlich verstehe ich den Sinn die Temperatur fix zu halten – es hängt natürlich von der Fragestellung ab an der man interessiert ist. Wenn man wissen will, was die Mikrozustände eines bestimmten Schwarzen Loches sind, so ergibt es Sinn die Randbedingungen so festzulegen, dass garantiert ein Horizont da ist mit einer bestimmten Temperatur. Gut, deshalb waren die DGGP Ergebnisse netter als unsere ersten – aber ich glaube dass der DGGP Ansatz in unserer Formulierung zu noch einfacheren und fundamentaleren Symmetrien führt – was kann denn einfacher sein als Heisenbergalgebra? Hm, wie wäre es mit „Soft Heisenberg Hair“ als Titel?

TU Wien, Februar 2016 Bin zurück in Wien und noch immer sehr aufgeregt. Ich erzähle meiner Gruppe von der neuen Idee und den ersten Rechnungen, und einer meiner Postdocs, Wout Merbis, wird angesteckt und stürzt sich sofort darauf. Ein Doktorand von mir, Stefan Prohazka, will unsere Rechnung auf höhere Spintheorien verallgemeinern. Inzwischen stellt sich heraus, dass die Entropieformel wesentlich einfacher ist als die von Bekenstein und Hawking, aber vermutlich ist das nur bei diesem einfachen Schwarzen Loch so simpel das wir gerade betrachten.

Ein wenig später Wir haben nicht nur die Heisenbergalgebra, wir haben auch weiches Haar! Die gesamte Struktur die wir am Horizont finden führt zu keiner Änderung der Energie!! Hawking, Perry und Strominger hatten recht!!! Und wir haben dieses weiche Haar explizit konstruiert!!!!

TU Wien, März 2016 Okay, das war schnell – aber ich habe auch 60 Stunden pro Woche darauf verwendet in den letzten 5 Wochen. Wir (Hamid, Stephane, Wout, Alfredo, David, Ricardo und ich) laden unsere Arbeit am arXiv hoch „Soft Heisenberg hair on black holes in three dimensions“.

TU Wien, März 2016 Perfekt! Das FWF-Projekt wurde bewilligt, also werde ich Hernan einstellen können. Inzwischen hat mir Stefan seine Resultate zu weichem Haar auf Schwarzen Löchern in höheren Spintheorien gezeigt – ich komme zum voreiligen Schluss, dass das Resultat nicht stimmen kann; schließlich ist die Entropie Schwarzer Löcher in höheren Spintheorien kompliziert, also kann nicht genau dieselbe einfache Formel herauskommen wie in unserer Arbeit.

ICTP Triest, März 2016 Ich halte den ersten Vortrag zu weichem Heisenberghaar – es gibt etliche Fragen, Skepsis und Enthusiasmus, genauso wie man sich's immer wünschen würde bei neuen Ergebnissen. Einer der Organisatoren, Shahin Sheikh-Jabbari macht einige exzellente Bemerkungen.

MIT, Boston und Simons Center, Stony Brook, April 2016 Ricardo, Alfredo und David haben sich ebenfalls die Verallgemeinerung zu höheren Spins angesehen – wir beschließen an diesem Projekt zusammenzuarbeiten.

TU Wien, Mai 2016 Nicht das erwünschte Geburtstagsgeschenk – Phys.Rev.Lett. will unsere Arbeit nicht veröffentlichen weil wir zu einfache Schwarze Löcher betrachten die in der Natur nicht vorkommen – die GutachterInnen gestehen zwar zu, dass die Ergebnisse neu und interessant sind, aber halt nicht für die allgemeine Physik-Klientel von Phys.Rev.Lett. sondern „nur“ für Leute vom Fach. Na gut, schicken wir's halt zu Phys.Rev.D; für mich ist es im Prinzip egal, aber für die jüngeren spielt diese Erbsenzählerei von Impact-Faktoren leider manchmal eine Rolle.

Derselbe Tag Okay, das ging dafür schnell. Das Paper wird genau an meinem Geburtstag von Phys.Rev.D akzeptiert.

Solvay Institut, Brüssel, Mai 2016 Oho! Stefan hatte doch recht – und ich dachte immer, ich könnte das Klischee junger-Student-findet-merkwürdiges-Resultat-alter-Betreuer-ist-skeptisch vermeiden... Also stimmt unsere einfache Entropieformel auch für Schwarze Löcher in höheren Spintheorien, und die Entropie sieht nur so kompliziert aus, weil die Transformation zwischen unseren Variablen am Horizont und den üblichen Variablen für einen weit entfernten Beobachter so kompliziert ist – verblüffend! Ich frage mich, wie allgemein unsere Entropieformel eigentlich ist? Wieder gutes feedback bei meinem zweiten Vortrag zu weichem Heisenberghaar.

MIAPP, München, Mai 2016 Perfektes timing – gerade rechtzeitig zum Higher-Spin Programm am MIAPP kann ich Neues zur Entropie Schwarzer Löcher in höheren Spin Theorien zum Besten geben, inklusive unserer Entropieformel.

IPM Teheran, Mai 2016 Das war effizient! Ich war zwar nur kurz am IPM in Teheran, aber außer Vortrag halten und diversen lebenserhaltenden Maßnahmen (wie schlafen, Safranreis mit Berberitzen essen oder Dugh trinken) haben wir (Shahin, Hamid und ich) rund um die Uhr diskutiert. Wir sehen einen Weg, weiches Heisenberghaar dazu zu verwenden um explizit die Mikrozustände bestimmter Schwarzer Löcher zu konstruieren!

Istanbul, Juni 2016 Inzwischen sind meine weichen Heisenberghaar-Vorträge schon routiniert. Wir stellen zwei Arbeiten fertig, die mit Stefan, Alfredo, David und Ricardo zu höheren Spins, und die mit Hamid und Shahin zu Mikrozuständen aus weichem Heisenberghaar.

IITP Natal, Juli 2016 Endlich habe ich genug zusammengespart um Arbeit und Familienurlaub verbinden zu können – ich bin 5 Wochen lang in Brasilien, davon fast 3 Wochen zusammen mit Frau, einem Sohn und Tochter. Natal als Konferenzort ist dafür perfekt mit seinen Stränden. Meine Vorlesungen zu höheren Spin Schwarzen Löchern und weichem Heisenberghaar werden aufgezeichnet, mal sehen ob das genauso schrecklich ist wie sich selber sprechen zu hören. Später halte ich noch Vorträge in diversen anderen Städten Brasiliens – hier hat sich wissenschaftlich unglaublich viel positiv verändert im letzten Jahrzehnt! DGGP stellen inzwischen ihre zweite Arbeit zu Symmetrien bei Horizonten Schwarzer Löcher fertig – sie schaffen das in beliebigen Dimensionen, interessant – das sollten wir auch schaffen.

Higgs Centre, Edinburgh, September 2016 Was passiert mit unserem weichen Heisenberghaar wenn man die Temperatur gegen Null schickt? Ich habe eine Vermutung und diskutiere sie mit Joan Simon und James Lucietti am Higgs Centre, aber diesen Limes zu bilden ist nicht ganz einfach.

Valdivia, November 2016 Heuer ist vermutlich das einzige Jahr wo ich sieben Jahreszeiten genießen kann: Winter in Europa, Sommer in Chile, Frühling in den USA und Europa, Winter in Brasilien, Sommer und Herbst in Europa und Frühling in Chile. Sehr gut, wieder bei Alfredo, Ricardo und David zu sein – wir finden, auch Kosmologien können weiches Heisenberghaar haben und begegnen wieder unserer magisch einfache Entropieformel. Gibt es denn kein System mit Horizont, dass unsere Entropieformel verletzt? Warum ist unser Resultat so universell? Die zweite Arbeit von Hawking, Perry und Strominger erscheint, bei der sie wesentlich tiefer ins Detail gehen als in ihrer ersten Arbeit.

Heidelberg, Dezember 2016 Ich habe zu zählen aufgehört – der wievielte Vortrag von mir war das jetzt zu weichem Heisenberghaar? Leider teile ich mir die Zeit nicht optimal ein und Christof Wetterich hat einen anderen Termin bevor ich alle seine Fragen beantworten kann. Die Reisen haben auch ihr Gutes: endlich habe ich meinen FWF Projektantrag zu weichem Heisenberghaar fertig mit dem ich Raphaela Wutte als Doktorandin anstellen will, sowie einen Postdoc der dann ab 2017 oder 2018 bei mir arbeiten wird. Ahja, seit Anfang des Monats bin ich endlich tenured an der TU Wien – dieser wichtige Schritt wäre im weichen Heisenberghaarrrausch fast untergegangen...

Lissabon, Jänner 2017 ...und noch ein Vortrag zu weichem Heisenberghaar, diesmal bei den Iberian Strings in Lissabon.

Sao Paulo, Recife, Salvador und Natal, Februar 2017 Die Zusammenarbeit mit brasilianischen WissenschaftlerInnen ist nachhaltig, das Land groß und es gibt offenbar immer noch Bedarf an weichen Heisenberghaar-Vorträgen – gerade vor Beginn des Karnevals fliege ich zurück nach Wien.

Simons Centre, Stony Brook, März 2017 Wir (Martin Ammon, Stefan Prohazka, Max Riegler, Raphaela Wutte und ich) haben neue Ergebnisse zu Kosmologien in höheren Spintheorien und weichem Heisenberghaar – wieder tritt dieselbe Entropieformel auf, was mich inzwischen nicht mehr überrascht.

NORDITA, Stockholm, April 2017 Also, mit Frank Wilczek habe ich nicht gerechnet hier in NORDITA. Nach meinem obligatorischen weichen Heisenberghaarvortrag bekomme ich einsichtsvolles feedback von Blaise Gouteraux, der ähnliche Strukturen wie wir am Horizont in holographischem Kontext sieht. Kommt auf die stetig wachsende todo-Liste. Woher die Zeit nehmen?

GGI Florenz, April 2017 Florenz ist nahe genug, da geht sich eine Reise mit der Familie aus – mit Frau, Söhnen, Tochter und Schwiegermutter schaffen wir ein Wochenende in Pisa und die Woche darauf geht's nach Florenz – Toskana im Frühling und ein Workshop am GGI, Herz was begehrt du mehr? Shahin und ich geben Vorträge zu unseren Mikrozuständen aus weichem Heisenberghaar – interessant wie verschieden unsere beiden Vorträge zum selben Thema sind!

TU Wien, Mai 2017 Ärgerlich! Der FWF-Antrag zu weichem Heisenberghaar ist abgelehnt trotz exzellenter Begutachtung weil der FWF zu wenig Geld hat. Naja, wir können den Antrag auf den aktuellen Stand bringen, Raphaela's publizierte Arbeit erwähnen und neu einreichen. Vielleicht klappt's beim zweiten Mal. Hamid, Shahin und ich haben nun endlich (zusammen mit Hossein Yavartanoo) unsere detaillierte Arbeit zu Mikrozuständen Schwarzer Löcher aus weichem Heisenberghaar fertiggestellt und aufs arXiv hochgeladen.

ESI Wien, Juni 2017 Bei all dem Trubel im letzten Jahr ist nicht viel Zeit für die Organisation unseres Programmes „Quantum Physic & Gravity“ am phantastischen Erwin Schrödinger Institut in Wien übriggeblieben (organisiert gemeinsam mit Markus Aspelmeyer, Caslav Brukner, Domenico Giulini und Soo-Jong Rey), aber ich bin trotzdem sehr zufrieden – von jungen Stars wie Andrea Puhm über etablierte WissenschaftlerInnen wie Herman Verlinde zu alten Hasen wie Roger Penrose haben wir ein breites Spektrum an SprecherInnen. Version zwei meines FWF Antrages ist abgeschickt – Daumen halten!

Strings 2017, Tel Aviv, Juni 2017 Tel Aviv ist phantastisch – einerseits die Konferenz „Strings 2017“, andererseits der angehängte Wochenendausflug mit meinem Vater und ältestem Sohn durch Israel. Ich will auch so eine Konferenz organisieren! Gespräche mit dem Nobelpreisträger David Gross ergeben, dass Wien ein sehr guter Standort dafür sein könnte.

Seoul, Juli 2017 Wieder etwas gelernt – überraschenderweise ist es keine gute Idee für einen Tag von Wien nach Seoul zu fliegen um dort einen Plenarvortrag zu halten. Ich dachte, wenn ich so kurz bleibe hat der Jetlag keine Chance Schaden anzurichten, aber habe mich getäuscht. Es gab nur zwei Vorträge bei denen ich nicht eingekickt bin, mein eigener (natürlich zu weichem Heisenberghaar) und der von Yasha Neiman. Koreanisches Abendessen mit Dieter Brill ist immerhin eine Entschädigung – diesen Wissenschaftler wollte ich schon lange treffen.

TU Wien, September 2017 Vielleicht funktioniert ja so etwas wie weiches Heisenberghaar auch für astrophysikalische Schwarze Löcher? Hernan, Wout, Raphaela und ich wagen einen ersten Schritt mit einer neuen Entropieformel.

TU Wien, Oktober 2017 Hurra! Das FWF-Projekt „Weiches Heisenberghaar auf Horizonten“ (mein 9. FWF Projekt) wurde bewilligt! Grünes Licht für die Einstellung Raphaelas und für die Ausschreibung einer Postdocstelle ab Herbst 2018.

IITP Kanpur, Oktober/November 2017 Indien wollte ich schon immer mal besuchen – schön dass mich die Zusammenarbeit mit Arjun Bagchi und das weiche Heisenberghaar hierher bringen. Die Woche ist sehr intensiv (im positiven Sinn), aber über den Rückflug reden wir lieber nicht („Flug verpasst wegen Verspätung der Inlandsmaschine? Kein Problem, ich buche Sie auf den nächsten

Flug von Delhi. Er geht in fünf Tagen.“).

TU Wien, November 2017 Sehr gut! Wie erhofft gilt unsere magisch einfache Entropieformel nicht nur für maximal symmetrische Schwarze Löcher, sondern auch für relativ komplizierte („Warped black holes“) in relativ komplizierten Theorien („Topologisch Massive Gravitation“). Zusammen mit einem exzellenten Studenten, Philip Hacker, und Wout stellen wir eine Arbeit fertig und laden sie im November aufs arXiv. Inzwischen bin ich von der Universalität unserer Entropieformel überzeugt.

TU Wien und ULB Brüssel, Dezember 2018 Nach Analyse der über 400 Postdoc-KandidatInnen mache ich Celine Zwickel, einer Doktorandin von Stephane Detournay, ein Angebot, das sie im Jänner 2018 erfreulicherweise annimmt.

TU Wien, Februar 2018 Laura Donnay (das „D“ in „DGGP“) bekommt ein Marie-Curie Fellowship mit dem sie von Harvard zu meiner Gruppe an die TU Wien kommen wird – exzellent!

Valdivia, Jänner 2018 Alfredo und ich schauen uns die Verallgemeinerung unserer Resultate zu beliebigen Dimensionen an, und es scheint zu klappen – wenn das stimmt dann eröffnet das unzählige Möglichkeiten! Wir diskutieren ausführlich mit Ricardo – unsere Resultate müssten auch für kosmologische Horizonte gelten; vielleicht ist „weiches Haar“ nichts anderes als die adiabatischen Moden der Kosmologie?

IPM Teheran, Februar 2018 Shahin hat einige nette Ideen zu beliebigen Dimensionen, insbesondere zu Kerr Schwarzen Löchern; zusammen fertigen wir einen ersten Draft eines gemeinsamen Papers mit Alfredo und Ricardo an. Shahin und ich machen bei einem Gravitations-Essay-Wettbewerb mit, natürlich zum Thema Weiches Heisenberghaar. Das weiche Heisenberghaar scheint in beliebigen Dimensionen zu existieren!

MITP Mainz, März 2018 Stephen Hawking stirbt. Seiner eingedenk stelle ich eine erste Version unserer Arbeit zu weichem Heisenberghaar in beliebigen Dimensionen zusammen.

IPM Teheran und Solvay Institut Brüssel, Mai 2018 Es geht schleppend voran mit den letzten Zentimetern vor der Zielgerade. Die Diskussionen mit Shahin und seinen StudentInnen waren sehr fruchtbar, aber Alfredo und Ricardo sind mit einem kleineren Detail noch nicht einverstanden – in Brüssel schaffen wir es nicht das aufzulösen. Malcolm Perry hält einen Vortrag der mich aufhorchen lässt – auch sie betrachten nun Symmetrien in der Nähe von Horizonten von astrophysikalischen Schwarzen Löchern. Der Vortrag basiert auf Stephen Hawkings letzten wissenschaftlichen Diskussionen mit Malcolm und Andy, aber viele Details bleiben noch unklar nach dem Vortrag.

TU Wien, Juni 2018 Ricardo ist auf Besuch in Wien, aber wieder schaffen wir es nicht das Paper fertigzustellen – wir sind so knapp davor, es ist frustrierend!

OIST Okinawa, Juli 2018 Strings 2018 finden in Okinawa statt – Juhu! Wien erhält den Zuschlag für Strings 2022! Wird viel Arbeit sein für Stefan Fredenhagen und mich, aber auch eine einzigartige Möglichkeit. Andy gibt ein update zu der Arbeit mit Malcolm und Stephen, aber immer noch fehlen mir wichtige Details. Der Plan unsere eigene Arbeit dazu fertigzustellen scheitert am Sommerloch.

TU Wien, August 2018 Toni Rebhan gewinnt Malcolm Perry für unsere Konferenz im Rahmen unseres FWF-Doktoratskollegs „Particles & Intercations“ im November in Wien. Mal sehen ob Hawking, Perry und Strominger es bis dahin schaffen ihre Arbeit fertigzustellen. Hoffentlich schaffen wir es bis dahin!

TU Wien, September 2018 Laura, Gaston, Hernan und Andrea stellen ihre Arbeit „Black hole memory effect“ fertig. Eine sehr interessante Rechnung – ich wünschte der Tag hätte mehr Stunden!

Cambridge (England) und Cambridge (Neuengland), Oktober 2018 Die langersehnte Arbeit von Hawking, Perry und Strominger (zusammen mit Sasha Haco) ist endlich am arXiv, kurz nachdem ich zugesagt habe diesen Blog-Eintrag zu schreiben – phantastisches Timing! Ich muss gestehen dass ich hin- und hergerissen bin – ich will endlich unsere eigene Arbeit fertigstellen, aber auch Hawkings letzte Arbeit im Detail durcharbeiten. Schließlich beinhaltet diese Arbeit seine letzte große Idee, und das hat etwas feierlich-historisches an sich.