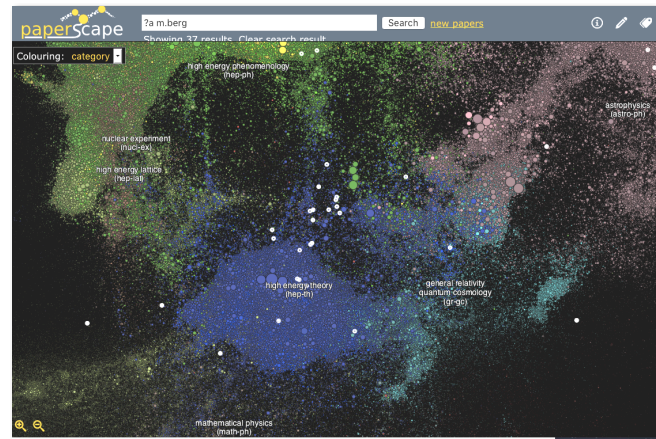




1. Hur hittar jag artiklar?

Artiklar kan man hitta på *Inspire* (inspirehep.net) från Stanford och arkivet arxiv.org. En snabb översikt över vetenskaplig bredd kan man få på en ganska ny gratisajt: paperscape.org (se bild till höger), där varje pytteliten pixel är en artikel, och de (flesta av de) tjocka vita prickarna i bilden är mina artiklar. Det blå området nedanför mitten är *högenergiteori*, det gröna till vänster är *partikelfenomenologi*, och det röda till höger är *astrofysik och kosmologi*. Sådana här grafiska representationer är förstås i grunden godtyckliga: "avståndet" mellan de olika områdena är inte helt meningsfullt. Men det är i alla fall intressant och lite underhållande.



2. Kvantgravitation

En av de "djupaste" frågorna i teoretisk fysik överhuvudtaget är *kvantgravitation*, försöken att förena kvantfysik och gravitation i ett enhetligt teoretiskt ramverk. Wolfgang Pauli, en av kvantfysikens grundare, sade till [Bryce DeWitt](#) (min handledares man, som satt på min betygskommitté för doktorsavhandlingen) när Bryce berättade att han försökte kvantisera gravitation: "That is a very important problem – but it will take someone really smart" [2]. I motsats till Bryce angriper jag inte problemet på egen hand och från ruta ett, utan mestadels med hjälp av *strängteori*, som är ett ramverk under utveckling, med många deltagare i ett löst hållet forskarsamhälle som innefattar många framstående yngre och äldre fysiker.

Först en allmän kommentar. Min syn på strängteorins plats i teoretisk fysik sammanfaller ganska väl med åsikterna hos min samarbetspartner Joe Conlon som han sammanfattar i sin nya populärvetenskapliga bok *Why String Theory?* från 2015:

"It could be that the correct theory of quantum gravity has nothing interesting to say about mathematics, is disconnected from the Standard Model, tells us nothing new about quantum field theory and offers no additional insights into theories of classical gravity. [...] However, to many it seems unlikely, and this feeling explains why string theory is so widely viewed as the best candidate idea here." [1].

Några kommentarer om potentiella kopplingar till aktuell experimentell fysik kommer på slutet.

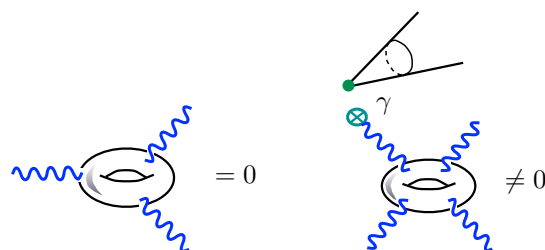
3.1. Återvinning av strängamplituder: nytt och fortsatt projekt

I ett omfattande projekt med min f.d. doktorand Buchberger och den unge tyske forskaren Schlotterer (som sitter på mitt gamla kontor på Max-Planck-institutet i Potsdam!) har vi utvecklat en metod att ”återvinna” en omfattande mängd existerande resultat i litteraturen i fenomenologiskt mer relevanta modeller än resultatens ursprungliga hemvist. ”Återvinningen” tar fasta på faktumet att det finns mycket arbete i *maximal supersymmetri*, sk. $N = 8$ supergravitation eller $N = 4$ gaugeteori i fyra dimensioner, där N står för antalet generatorer av supersymmetrin. Mer supersymmetri än minimal (där minimal betyder t.ex. $N = 1$ gaugeteori i fyra dimensioner) är problematiskt ur fenomenologisk synpunkt, eftersom varje fält har samma gaugeladdning som andra fält som är relaterade med supersymmetri-transformationen¹, vilket medför att man inte kan ha *kirala* representationer av gaugegruppen, vilket i sin tur är ett måste i partikelfysikens *Standardmodell* (vänsterhänta kvarkar är laddade under elektrosvag kraft², högerhänta är oladdade). För att sammanfatta: maximal supersymmetri är väldigt intressant som ”mellan-nivå-modell” (under strängteori), och fascinerande rent matematiskt, och det finns stora mängder arbete om det, men vill man koppla ihop maximal supersymmetri med etablerad fysik bör man helst först bryta maximal ned till *minimal supersymmetri*, innan man bryter symmetrin helt för att komma till Standardmodellen.

Uttryckt i en mening, men mer tekniskt: vi visar i ovan nämnda projekt hur man kan använda n -punkt-sträng-amplituder på enloopsnivå i *maximal* supersymmetri för att räkna ut $(n-3)$ -punktsamplituder i *minimal* supersymmetri, allt i fyra dimensioner. (Se illustration nedan.) Inbyggt i metoden är kopplingar till många relaterade forskningsfält: äldre metoder i partikelfysik som QCD (*Berends-Giele*-strömmar), helicitets-formalismen/*twistormetoder*, samt nyare metoder som *ren-spinor*-formalismen som den används av Berkovits och många andra.

3.2. Bakgrundsältmetoden: en klassiker i ny tappning

En viktig aspekt i flera av mina arbeten, i förlängningen även arbetet jag just diskuterade, är *bakgrundsältmetoden*. I kvantfältteori är det rimligt att säga att bakgrundsältmetoden är den mest effektiva för allmänna frågor.³ I diagrammen till höger (från en [aktuell artikel](#)) illustrerar jag bakgrunds-ältmetoden i strängteori: ett externt tillstånd ersätts av krökning (gravitationsfält) lokaliserad i en konisk singularitet. Metoden är inte helt utvecklad än i strängteori trots en lång



¹ förutom i s.k. *gaugad supergravitation*, men jag vet inga exempel då det är direkt fenomenologiskt relevant.

² Egentligen $SU(2)$ -biten av elektrosvag växelverkan före symmetribrott.

³ Som exempel: i kvantfältteoriboken Peskin & Schroeder räknar författarna först ut renormerings-grupps-betafunktionen särskilt för QCD med vanliga Feynmandiagram, men när de skall räkna ut den för en godtycklig gaugeteori väljer de bakgrundsältmetoden.

rad av försök (t.ex. av den indiske strängteoretikern Ashok Sen redan på 80-talet [7]). En komplikation i strängteori är att man är *tvungen* att koppla till gravitation, därför att världsyteorin inte är konform på kvantnivå annars. (Ännu mer teknisk fotnot: I vissa gränser kan man konsistent försumma kopplingen till gravitation, ett icke-trivialt exempel är Maldacenas frikopplings-gränstagnung där randteorin blir plan, men även där finns frågeställningar om koppling till gravitation som inte är helt avklarade ännu.) Komplikationen formulerades särskilt tydligt i en artikel av Vadim Kaplunovsky (professor i Austin, Texas – jag interagerade med honom en hel del på forskarutbildningen) från 1991 [3], då han poängterar det egentligen uppenbara faktumet att ett gaugefältbakgrund ger upphov till en enpunktsfunktion för gravitoner, dvs. *gaugebosoner graviterar*. I Kaplunovskys uträkning kan man absorbera den gravitationella effekten i en omdefinition Y av gaugekopplingen, och Y är universell (dvs. oberoende av gaugegrupp, alltså samma för elektromagnetism, stark och svag kärnkraft) och därför syns den inte i generiska lågenergiexperiment.⁴ Men det är ändå viktigt att ta med bidraget Y när man utför renormeringsgruppmatchningen av den ultravioletta teorin med lågenergiteorin. Delvis implicit i Kaplunovskys arbeten är att strängteori leder till *en naturlig infraröd-regulator: gravitation*. Det låter på samma gång djupt och intetsägande, så låt mig utveckla det.

I standardformuleringen av strängteori kan man bara räkna ut amplituder ”på skalet” (*on-shell*, när alla fält uppfyller sina egna rörelseekvationer). För en partikelfysiker låter det som en stor begränsning, men Einsteins allmänna relativitetsteori försöker egentligen säga att det på djupare nivå kanske är det enda sättet man skall försöka räkna på. En av de viktigaste poängerna i allmän relativitetsteori är att ”materia” (allt i högerledet i Einsteins ekvationer, dvs. även gaugefält) måste vara *kovariant bevarad* eftersom vänsterledet i Einsteins ekvationer är kovariant bevarat rent geometriskt. Kovariant bevaring implicerar materiens egna rörelseekvationer. Det är raka motsatsen till Newtons gravitationsteori, då källor som bekant inte alls måste uppfylla några egna rörelseekvationer för att man skall kunna räkna ut deras gravitationsfält. Det är en ganska ny utveckling i teoretisk partikelfysik att man försöker hålla sig så mycket som möjligt ”på skalet”, delvis inspirerat av den typ av strängteori jag beskriver här. Men på-skalet-räkningar förbjuder inte icke-triviala bakgrunder, så Kaplunovskys argument ovan leder naturligt till bakgrunds-fält som tekniska hjälpmedel, utöver faktumet att det finns bakgrunds-fält i vår vanliga värld.

3.3. Lagom snabba gravitoner: intern konsistens hos kvantgravitation

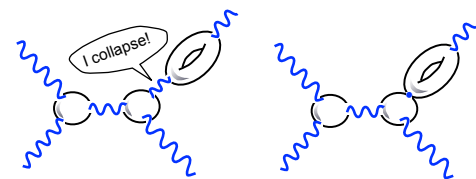
Föregående stycke illustrerar hur partikelfysiker inte riktigt lärt sig vad relativister vetat länge. Men det omvända är också sant: det finns relativister som inte accepterar kvantfysikens implikationer fullt ut, t.ex. genom att föreställa sig att gravitation kanske ”inte behöver” kvantiseras, att det skulle finnas ”gravitationsvågor utan gravitoner” (t.ex. Ted Jacobsons arbeten [4]), vilket jag och många andra anser att det motsäger grundläggande koncept i elementär kvantfysik, som t.ex. att Schrödingers-katt-tillstånd borde gravitera. (Det betyder däremot inte att gravitonen i sig måste vara en elementarpartikel, t.ex. kan den i vissa situationer i strängteori vara ”uppbyggd” av *två gaugebosoner*, men den sammansatta partikeln är isåfall inte mindre

⁴ Vadims artiklar är fulla av charmiga formuleringar som ”*I do not even have to compute the Y (and I didn't)*” (s.13).

kvantmekanisk för det.) Bryce DeWitt var väl medveten om den här problematiken och ägnade mycket arbete åt frågeställningar om kvant-mätproblemet i sin bok [5], t.ex. var hans övertygelse att meningsfulla kvantkorrektioner aldrig bör låta gravitoner färdas fortare än ljuset: om en hypotetisk kvant-teori med fix gravitationell bakgrund tillåter akausalitet är det inte en spännande ny fenomenologisk utsaga, utan ett internt konsistensproblem i teoribygget. Maldacena startade (i Bryces anda, men såvitt jag vet oberoende av hans tankegångar) ganska nyligen en ny våg av klassifikation av teorier med kausalitetsproblem från högre-kröknings-korrektioner, som fr.o.m. en artikel från några veckor sedan [6] visar hur strängteori undviker just "snabba gravitoner" genom väldigt speciella kombinationer av kvantgravitationella effekter. I en sann kvantteori för gravitation borde man heller inte i någon fundamental bemärkelse kunna "välja" att inte producera gravitoner från t.ex. gaugefältsbakgrund. Kaplunovskys beräkning ovan är ett exempel på att man i och för sig ibland aktivt kan "gömma undan" sådana effekter i strängteori, men att det *inte är frivilligt* att ta med sådana kopplingar i beräkningarna.

3.4. Rumtidslödder: gravitoner i gravitationell bakgrund

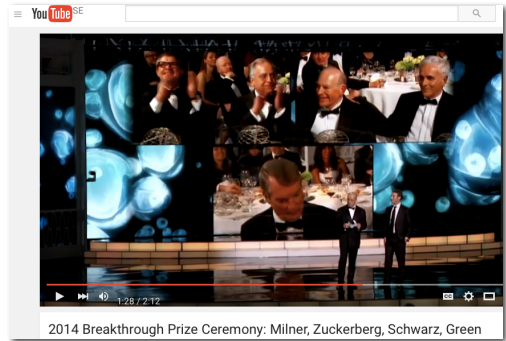
Gravitation är självt åtminstone i naiv mening förstås divergent både i det infraröda (masslöshet) och det ultraviolettera (ickerenormerbarhet). Det ultraviolettera är under kontroll i strängteori, som i loopdiagrammen till höger, en modern version av Wheelers "rumtids-lödder" (*spacetime foam*), där gravitoner skapas och förintas utan problem: propagatorer kollapsar där de skall, som man kunde ha uttryckt det i kvantfältteori.



(bild från forskningsartikel)

Men det infraröda? Strängteori kopplar ihop infrarött och ultraviolett genom den s.k. världsyte-dualiteteten. Finns det exempel då man trots dualiteten inte kan växla mellan infrarött och ultraviolett? [Sen och Witten](#) har i en serie artiklar väckt nytt intresse för störningsräkning i supersträngteori, och båda tar upp intressanta aspekter av modulirummet för världsytor, alltså hur strängarnas världsytor degenererar i olika gränser i parameterrummet, som i bilden med den kollapsande propagatorn ovan. Speciella gränser i parameterrum associerar man gärna intuitivt med "exotiskt" uppförande hos en teori, men en degenereringsgräns av strängarnas världsytor är ju Feynmandiagram som skall beskriva all känd partikelfysik och störningsteoretisk kvantgravitation, så den gränsen är inte alls i sig "exotisk" utan känd och experimentellt belagd fysik! För strängar blir det däremot mer komplicerade och mer intressanta gränstagnings-frågor än för partiklar, dvs. i vilken ordning någon viss parameter går mot någon viss gräns relativt

någon annan parameter. Samspelet mellan de olika gränserna kan leda till väldigt djupa resultat i strängteori, t.ex. Green och Schwarz ursprungliga anomalifrihetsberäkning i tio dimensioner från 1984. (Facebookgrundaren Zuckerberg och andra gav Green och Schwarz nyligen 3 miljoner dollar för det: *Breakthrough Prize* 2014, se bild till höger från [prisutdelnings-galan](#) [8]) Sedan dess har Green-Schwarz-mekanismen implementerats hela vägen ned till fyra dimensioner, och ger t.o.m. fenomenologiskt intressanta nya sätt att bygga partikelmodeller för s.k. Z-prim-partiklar som i princip testas på LHC under 2016. Det fascinerande med modeller med Green-Schwarz-mekanism är att de ser absurda ut ur fältteorisynpunkt – anomalier på kvantnivå som tas ut av gravitationell växelverkan på trädnivå genom en finjusterad koppling – men de ter sig självklara i strängteori: ”finjusteringen” är bara två olika gränser av ett och samma strängdiagram. Jag har ett långsiktigt projekt med Sundborg i Stockholm som kretsar just kring vad som är rimligt att ”modellera” i kvantfältteori som man kanske inte skulle ha tänkt på att göra rent partikelteoretiskt. Mer konkret är vi intresserade av gränser i modulirummet som Witten i någon bemärkelse försummar, de särskilt ”konspiratoriska” gränserna. Jag tror det här är en fruktbar framtida riktning.



strängteoretiker på prisutdelnings-gala

Här är några andra tankar om framtiden. Strängstörräkning för minimal supersymmetri i fyra dimensioner är bara i sin linda än så länge, men det verkar troligt att vidareutveckling av bakgrundsfältmetoden i strängteori, särskilt för gravitationsfält, kommer att belysa många olika områden inom närmsta framtiden. Ju mer man hör om hur många lösningar det verkar finnas till strängteori (om inte annat så i [populärpressen!](#)) desto mer underhållande är det att poängtera att strängteori utan tvivel är ett ramverk med *mindre* svängrum än gängse teorier, i bemärkelsen jag försökt illustrera ovan: när man slår på bakgrund av gaugefält (vanliga eller generaliserade p -form-fält) så *måste* man i strängteori i princip också slå på gravitationsbakgrund, t.ex. gå från plan rumtid till Anti-de-Sitter-rummet. Det här är något jag utforskar i ett nytt projekt med Dolan i Chapel Hill i USA. Att ignorera att gravitationsbakgrunder kan skapa kvanta kan i sin tur vara en möjlig approximation i någon begränsad parameterregim, men det finns i den underliggande strängteorin ingen motsvarighet till *kvantfältteori i konstant gravitationell bakgrund*, vilket från mitt perspektiv bara är bra, eftersom det enligt ovan är ett problematiskt och motsägelsefullt ramverk. Det gäller både om bakgrundsfälten är ”riktiga” fält, eller bara tekniska hjälpmedel som infraröda regulatorer.

En annan inriktning på min forskning kan man få se genom att läsa tidskriften *Populär astronomi*! 2014 blev en artikel som jag medförfattat utnämnd till “[näst bäst i Sverige inom astronomiforskning](#)”! Det var en Chalmers-astronom som för tidskriftens räkning hade räknat citeringar av artiklar som kommit ut året före. (Nummer ett det året var neutrinoobservatoriet IceCube, så vår artikel var nummer två totalt men alltså nummer ett i Sverige i ”teoretisk” astronomi.) Det är en lekfullt menad jämförelse – kopplingen mellan snabb citeringsuppfångning

och "bäst forskning" som de skrev är väl i bästa fall svag. Det är också särskilt roligt att vara med på topplista i astronomiforskning när man inte är astronom.

3.5. Strängteori och matematik: bakgrund och en forskningsriktning

Jag har medvetet undvikit matematik hittills, för jag tycker det är viktigt att hålla de fysikaliska frågeställningarna i förgrunden. (Det kan verka självklart, men många strängteoretiker håller inte med mig att fysiken är viktigare än matematiken.) En strängteoretiker som håller fysiken först trots sin användning av avancerad matematik är den tidigare nämnde Ashok Sen [7], så läsaren kanske ursäktar följande lilla ordlek: *Einstein + Sen = Eisenstein*. Eisensteinserier, eller mer allmänt den matematiska teorin för automorfa former, är inte helt ny matematik i strängteori, men det har fått ett ordentligt uppsving nyligen. Jag var nyligen opponert på Henrik Gustafssons imponerande [licentiatavhandling](#) på Chalmers om Eisensteinserier i strängamplituder. Det är relaterat till sig om matematik som jag halkade in på för drygt 10 år sedan, men först i en [artikel från 2014](#) (nr 4 i publikationslistan, som har 14 tekniska appendixer, det här gäller appendix E för Eisenstein) tycker jag äntligen jag har lyckats uttrycka det på ett sammanhållet och tydligt sätt hur den matematiken skall fungera i plan rumtid. Jag arbetar vid sidan om med den kanadensiske matematikern Terry Gannon för att utveckla teorin för automorfa former vidare till krökt rumtid.

Det är inte alltid lätt för en fysiker att arbeta med matematiker, men jag ser det som en viktig del av min framtida forskningplan och jag har ganska speciell erfarenhet att arbeta med matematiker: som doktorand arbetade jag ett år på en matematikinstitution, på Ecole Normale Supérieure i Paris, en av de bästa i världen. Jag arbetade med den seniore matematikern [Pierre Cartier](#), känd för att ha varit med i matematikerkollektivet Bourbaki, och för t.ex. *Cartier-divisorer* i algebraisk geometri. Cartier beskrev vårt samarbete i en välkänd artikel i AMS Bulletin: *A complete proof has been given in the dissertation of my student Georges Racinet, together with the definition of a new group scheme DM_0 , conjecturally identical with the group GRT_1 [...] Connes introduced the efficient tool of Birkhoff factorization. [...] Together with my student Marcus Berg, we made it a practical tool for calculation of counterterms in renormalized field theories.* [9]. ("Practical" är lite tidigt att kalla det, men i en framtid kanske.) Jag lärde mig mycket av den unge matematikern Racinet, men vi lyckades inte publicera något tillsammans. Sex år senare var han på Princeton och producerade resultat om s.k. elliptiska multizetavärden. De resultaten har alldeles nyligen tagit sig tillbaka till strängteori, till min nuvarande samarbetspartner Schlotterers arbeten, och t.ex. i arbeten av matematikern Brown, som var Cartiers doktorand i Paris ett antal år efter jag var där och nu är i Oxford [11]. Cartiers idéer var före sin tid helt enkelt, men det var spännande att ha varit med "från början" och se den matematiken utvecklas från grunden, och det är lyckosamt att nu ligga bra till för tillämpningar av den matematiken, t.ex. i mitt projekt med Buchberger och Schlotterer.

3.6. Strängteori och nya fenomenologiska forskningsprogram

I den här texten har jag fokuserat mest på djupare frågor kring kvantgravitation, men till sist kommer jag alltid tillbaka till experimentfrågor. Matt Reece, en ung partikelfenomenolog på Harvard, har tagit vid där några av våra arbeten slutade och har för avsikt att vidareutveckla dem, som man ser i en artikel som kom för några veckor sedan [10]. Den här Reece-Xue-artikeln illustrerar skillnaden på citeringar och citeringar: de citerar fyra av våra artiklar och våra resultat är väldigt centrala i hela artikeln. Det är ingen överdrift att säga att Reece och Xue år 2015 förespråkar ett nytt fenomenologiskt forskningsprogram som utgår från metoder jag och andra har varit med att konstruera i strängteori åtminstone sedan 2004.

3.7 Nya experiment som är relevanta för högenergiteori

Jag vill avsluta med att nämna två-tre experimentella resultat som ingen i nuläget vet om de stämmer, men som ger en ytterligare illustration av bredden i frågeställningarna.

- Nya data från CERN med flera intressanta mindre [diskrepanser](#).
- [Detektion av gravitationsvågor](#) vid detektorexperimentet LIGO i USA: i upptäcktsartikeln i Physical Review är de tydliga med att vågornas realitet först fastlades på [DeWitts konferens i Chapel Hill](#). Jag nämner gärna också i sammanhanget att jag en gång arbetade med numerisk simulering av gravitationsvågor⁵ från gravitationellt kollapsande gaugefält med högre-derivata-korrekationer, s.k. *skyrmioner* [13]. Diskussionerna ovan är uppenbarligen relaterade till sådana här mätningar, som klassiska test av Einsteins gravitationsteori.
- Sådan här fundamental fysik är heller inte så abstrakt som det kan verka: man upptäckte nyligen skyrmion-konfigurationer (se förra punkten) i materialfysik-experiment i magnetiska media! [14] Det är i överförd betydelse, men ändå är de ursprungliga idéerna nödvändiga för sådana framsteg. Vissa materialfysiker uttrycker t.o.m. förhoppningar att resultaten en dag kan användas i nya lagringsmedia till datorer. Jag är inte expert på det och kan inte avgöra om det är realistiskt, men sådana kopplingar är uppenbarligen spännande. I Stockholm diskuterade jag en hel del med kondenserade-materie-teoretikerna. De hade i något fall användning av teknikerna jag lärt mig i strängteori, och jag skulle gärna göra något i den genren i framtiden, om möjligheten uppenbarar sig.

Jag handleder f.n. ett examensarbete om flödesmekanik i medicinsk fysik, om [blodflöde i hjärnan](#), och även där blir jag fascinerad av hur metoder man använder i matematisk fysik kan komma till nytta i mer allmän överförd betydelse.

⁵ Jag var med och slog vad mot LIGO-fysikern Kip Thorne 1998 att ”vi” i vid mening skulle hinna simulera vågformerna innan LIGO detekterade gravitationsvågor på riktigt. ”Vi”, eller mer bestämt [Frans Pretorius](#), en doktorand som började i gruppen strax efter jag slutade, löste det numeriska problemet 2005, så vi vann vadet mot Kip Thorne. (Förtydligande: jag är inte själv verksam i numerisk relativitetsteori, men jag tycker det är spännande!)

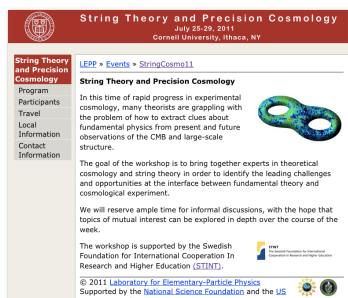
Liten bibliografi med länkar

- [1] J. P. Conlon, *Why String Theory?* (2015), CRC Press.
- [2] B. S. DeWitt, *Quantum Gravity Yesterday and Today* (2008), arxiv.org/abs/0805.2935.
- [3] V. Kaplunovsky, *One Loop Threshold Effects in String Unification*, Nucl.Phys. B307 (1988) 145, arxiv.org/abs/hep-th/9205070
- [4] T. Jacobson, *Thermodynamics of space-time: The Einstein equation of state*, Phys. Rev. Lett. 75 (1995) 1260, arxiv.org/abs/gr-qc/9504004
- [5] B. S. DeWitt, *The Global Approach to Quantum Field Theory* (2003), 2 volymer, Oxford Univ. Press.
- [6] K. Benakli, S. Chapman, L. Darmé and Y. Oz, *On Swift Gravitons*, arxiv.org/abs/1512.07245.
- [7] A. Sen, *The Heterotic String in Arbitrary Background Field*, Phys. Rev. D 32 (1985) 2102. J.J. Atick, L.J. Dixon och A. Sen, *String Calculation of Fayet-Iliopoulos D Terms in Arbitrary Supersymmetric Compactifications*, Nucl.Phys. B 292 (1987) 109.
- [8] YouTube-klipp: *2014 Breakthrough Prize Ceremony: Milner, Zuckerberg, Schwarz, Green*, www.youtube.com/watch?v=dOVhb4iVr_8, uppladdat mars 2015.
- [9] P. Cartier, *A mad day's work: from Grothendieck to Connes and Kontsevich. The evolution of concepts of space and symmetry*, Bull. Amer. Math. Soc. 38 (2001), 389-408, www.ams.org/journals/bull/2001-38-04/S0273-0979-01-00913-2/home.html
- [10] M. Reece and W. Xue, *SUSY's Ladder: Reframing Sequestering at Large Volume*, arxiv.org/abs/1512.04941.
- [11] F. Brown, *Feynman Amplitudes and Cosmic Galois group*, arxiv.org/abs/1512.06409.
- [12] D. Castelvecchi, *Has giant LIGO experiment seen gravitational waves?* Nature (2015).
- [13] M. Berg, E. Honda, R. Jones, *Critical Collapse of Self-Gravitating Skyrmions* (1998) grupprojeckt i numerisk relativitetsteori, www2.kau.se/tp/marcus/physics/p387g2/skyr.html
- [14] Y. Zhou et al, *Dynamically stabilized magnetic skyrmions* (2015), Nature Communications 6:8193.

- Vetenskapsrådet: [länk](#) till ett av mina projekt (VR:s projektdatabas)
- Jag organiserar *journal clubs* (översikter över aktuell forskning) kring olika teman⁶.

Vetenskapliga konferenser

Jag har organiserat ett antal konferenser. Här är fyra konkreta exempel på konferens-hemsidor med länkar i bildtexten under:

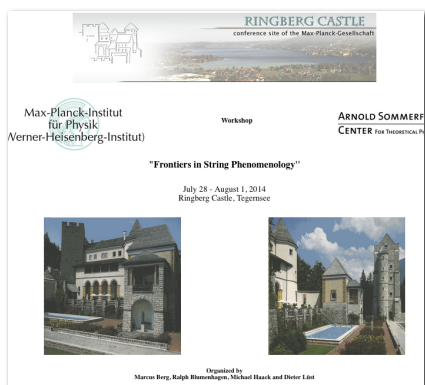


en STINT-finansierad konferens
på Cornell University i New York 2011



en månadslång workshop på Nordita i Stockholm 2011

⁶ teman inklusive omfattande referenser: www2.kau.se/tp/marcus/physics/lectures/jc.html



en Max-Planck-Gesellschafts-konferens i deras slott (!) i Bayern sommaren 2014



EU-COST-konferens på Galileo-institutet i Florens hösten 2015.

Jag är särskilt stolt över de här fyra konferenserna bland andra jag har organiserat: vi fick i de här fyra fallen till en informell och produktiv atmosfär. Flera forskningsartiklar anger att forskningsprojekten fick stimulerande skjuts på de här fyra konferenserna, när vi på kort varsel arrangerade särskilda diskussioner kring något aktuellt ämne.⁷

Några relaterade avhandlingar

- Huvudhandledare till Stefan Sjörs, som disputerade på Stockholms universitet 2012 ([fulltext](#) av avhandlingen, via svenska databasen DiVA.)
- Huvudhandledare till Igor Buchberger, som disputerade på Karlstads universitet juni 2016 ([fulltext](#) av avhandlingen)
- opponert för licentiat Henrik Gustafsson⁸
- betygskommitté för Valentina Puletti⁹ (doktorsavhandling, Uppsala)
- betygskommitté för Magdalena Larfors¹⁰ (doktorsavhandling, Uppsala)
- betygskommitté för Anna Karlsson¹¹ (doktorsavhandling, Chalmers).

Jag har också mer informellt hjälpt till med handledning av andras doktorander, som dokumenteras i deras avhandlingar. Ett exempel är [Ben Heidenreich](#), Cornell¹²

⁷ på arxiv.org/abs/1107.4356

⁸ publications.lib.chalmers.se/publication/226156

⁹ uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A228848&dswid=-8423

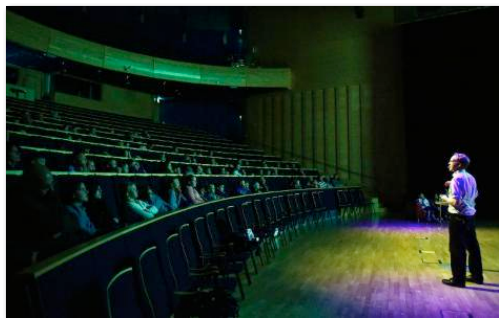
¹⁰ www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A210432&dswid=8958

¹¹ publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/219849/219849.pdf

¹² <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/34152>

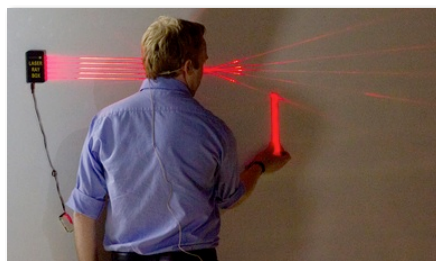
Populärvetenskap i övrigt

Jag har t.ex. varit med på Barnens universitet och haft ett nära samarbete med Sundsta-Älvkullgymnasiet i Karlstad, som är Sveriges **tredje största skola**, och har medproducerat ett läromedel för deras Fysik-3-kurs om drygt 60 sidor. Här är två bilder:



Ur Värmlands folkblad

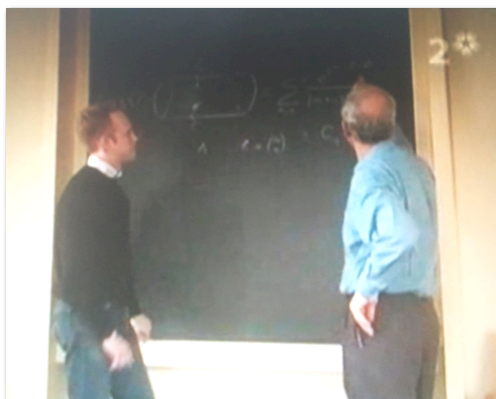
[www.vf.se/nyheter/karlstad/
laser-och-einstein-lockar-unga-till-universitetet](http://www.vf.se/nyheter/karlstad/laser-och-einstein-lockar-unga-till-universitetet)



Karlstads universitets hemsida

www2.kau.se/tp/marcus/barnens/

Jag figurerar ibland i radio och TV i samband med fysikupptäckter, t.ex. en intervju om TV-programmet Big Bang Theory på Sveriges Radio (se [min hemsida](#)). Jag var med i SVT:s [dokumentär](#) om Nobelpriset i fysik 2004 (se bild), där jag fick i uppdrag att karaktärisera David Gross nobelprisbelönta forskning i allmänna termer. På bilden visar jag honom en uträkning i strängteori av den typ som jag beskriver i sektion 3 ovan.



*Jag och David Gross diskuterar en strängteoriuträkning av typen jag diskuterar ovan:
två gravitoner med en loop av öppna strängar ger en Eisensteinserie.
ur "Nobelpristagarporträtt 2004", SVT 2004-12-07*