



Hypermusic Prologue

A projective opera in seven planes (CD 1)

Hèctor Parra on the opera *Hypermusic Prologue* / Libretto / Some physics references

Deutsch 5-22

English 23-48

Interview with Lisa Randall and Hèctor Parra

Excerpts from the interview (CD 2)

Deutsch 50-53

English 54-57

Biographies 58-67

Artwork Cover & CD 2:

Matthew Ritchie, *The Four Forces (The Weak Force)*, 2008 (detail)

Courtesy: c/o - Gerhardsen Gerner, Berlin; Andrea Rosen Gallery, New York

Artwork CD 1:

Matthew Ritchie, *The Four Forces (The Light Force)*, 2008 (detail)

Courtesy: c/o - Gerhardsen Gerner, Berlin; Andrea Rosen Gallery, New York

HÈCTOR PARRA (*1976)

CD 1

Hypermusic Prologue (2008-2009)

A projective opera in seven planes

1	Plane I	<i>"Why this confusion?"</i>	3:33
2	Plane II	<i>"A wonderful place!"</i>	4:24
3	Plane III	<i>"This step –a new dimension"</i>	3:08
4	Plane IV	<i>"The pathway opens"</i>	4:15
5	Plane IV	<i>"Why disrupt this harmony?!"</i> (Bubble 1)	3:39
6	Plane IV	<i>"You are gone"</i>	3:19
7	Plane IV	<i>"The soft cozy edge"</i> (Bubble 4)	3:49
8	Plane IV	<i>"I will describe this strange landscape"</i>	2:10
9	Plane IV	<i>The language of the 5th dimension</i>	6:45
10	Plane IV	<i>Microscopico, flamboyant</i>	1:52
11	Plane V	<i>"This pull, this tug"</i>	5:41
12	Plane V	<i>Electronic interlude</i>	4:27
13	Plane V	<i>Scuro I "As I travel away"</i>	2:38
14	Plane VI	<i>"How to open up your world?"</i>	5:30
15	Plane VII	<i>"Discordant phenomena"</i>	8:21

Charlotte Ellett *soprano* • James Bobby *baritone*

Ensemble intercontemporain • Clement Power *conductor*

Jean-Michaël Lavoie *assistant conductor*

IRCAM-Centre Pompidou – Thomas Goepfer *Computer Music Design*

TT: 63:32

Hypermusic Prologue is dedicated to Imma and to Josep Manel.

Co-production IRCAM-Centre Pompidou Ensemble intercontemporain KAIROS
The stage design of *Hypermusic Prologue* received the support
of the Fondation d'entreprise Hermès.

Co-edition Fundación Caja Madrid and KAIROS Production 2010

SIRÈNES



Ensemble intercontemporain

Emmanuelle Ophèle	<i>flute / piccolo</i>
Alain Billard	<i>clarinet in b flat / bass clarinet</i>
Jens McManama	<i>horn</i>
Samuel Favre	<i>percussion</i>
Jeanne-Marie Conquer	<i>violin</i>
Omar Hernandez-Hidalgo	<i>viola (guest)</i>
Pierre Strauch	<i>violoncello</i>
Frédéric Stochl	<i>contrabass</i>

Hypermusic Prologue

A projective opera in seven planes

Hèctor Parra

Einführung

Generell wird man der Ansicht zustimmen, dass künstlerisches Schaffen und wissenschaftliche Forschung Denk- und Wertkategorien sowie -muster weit mehr teilen, als man das aufgrund ihrer jeweiligen unmittelbaren Bestimmung erwarten könnte. Schönheit, Intuition, Eleganz und das innere Streben nach Perfektion sind kulturelle Werte, die diesen beiden Gebieten gemeinsam sind und eine lebhafteste, direkte Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und Künstlern, die beide gerne Welten erschaffen, möglich machen. Vor einhundert Jahren verwandelte die Revolution der Relativitätstheorie Newtons absolute Zeit mit ihrem universellen, gleichförmigen Fluss in eine vierte geometrische Dimension. Heute geben die Fortschritte in der Physik, sowohl in der Theorie als auch gestützt auf Beobachtungen, Anlass zu Überlegungen, dass es bis zu sieben zusätzliche geometrische Dimensionen geben kann. Dass diese Dimensionen versteckt und unsichtbar sind, wird im Allgemeinen ihrer hyper-mikroskopischen Natur zugeschrieben.

In ihrem Buch *Warped Passages*¹ ist der Physikerin Lisa Randall die schwierige Aufgabe

gelingen, einem breiten Publikum die Natur einer letzten Realität, zu der wir alle gehören, verständlich zu machen. Die unter dem Namen „Randall-Sundrum-Modell 1 und 2“ bekannten Modelle stellen eine spezielle theoretische Kategorie dar, bei der der verzerrte oder gekrümmte (warped) Charakter und nicht notwendigerweise die geringe Größe als Gründe dafür angeführt werden, warum sie verborgen sind. Diese spezifischen Modelle und ganz besonders das Bild, das sie von den grundlegenden physikalischen Interaktionen insgesamt geben, machten es mir möglich, einen sehr facettenreichen, symbolischen Raum als Rahmen für meine musikalische Komposition zu schaffen. Als Rahmen, in dem die Instrumentierung, die Orchestrierung, die Behandlung der Singstimmen und die elektronischen Techniken in Echtzeit einen neuen Typus von akustischer Erfahrung produzieren und organisieren können. Ausgehend von einem Angebot des Festivals der Taschenoper in Barcelona aus dem Jahr 2005 und dank der Produktion durch Ensemble intercontemporain und IRCAM sowie der Unterstützung durch die Stiftung der Firma Hermès, war dieses Projekt zunächst eine Herausforderung und später mit Lisa Randall als Librettistin und inspirierende Kraft eine höchst beglückende Arbeit: entstanden ist daraus die projektive Oper *Hypermusic Prologue*.

¹ Deutsche Fassung: Lisa Randall *Verborgene Universen - Eine Reise in den extra-dimensionalen Raum* aus dem Amerikanischen von Hartmut Schickert, S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2006

Handlung

Hypermusic Prologue ist das Resultat einer einzigartigen Zusammenarbeit von Wissenschaft, Musik und bildender Kunst. An der Seite von Lisa Randall, dem bildenden Künstler Matthew Ritchie und dem Regisseur Paul Desveaux habe ich die „historische“ Form der Oper erforscht, um eine dem 21. Jahrhundert entsprechende dramatische Ausdrucksweise zu finden.

Im Libretto von Lisa Randall lebt eine Wissenschaftlerin und Komponistin (der Sopran) in einer starken Spannung zwischen der Liebe zu ihrem Partner (dem Bariton) und ihrer Leidenschaft, ihrer Liebe zum Wissen sowie ihrer Überzeugung, dass es eine größere Welt gibt, die es zu erforschen gilt. Ihre Beziehung ändert sich, als der Sopran nach einer heftigen Diskussion beschließt, eine hypothetische Reise in die verzerrte fünfte Dimension des Randall-Sundrum-Modells der Raumzeit zu unternehmen. Ab diesem Zeitpunkt hängt der Energieraum des Soprans von dessen Position in der neuen Dimension ab. So lässt die Reise den Sopran und den Bariton die Realität auf zwei verschiedene Arten erleben: während sie sich in einem fünfdimensionalen Hyperraum frei bewegt, bleibt er an unsere normale, vierdimensionale Raumzeit gebunden.

Somit hilft uns die Musik, - eine hochgradig organisierte Form akustischer Energie -, diesen geheimnisvollen, faszinierenden, stark verzerrten Räumen näher zu kommen und sie zu genießen. In dieser Oper wird das Publikum aus

dem vertrauten, traditionellen, dreidimensionalen Raum des KonzertsaaLS heraus hin zu einer Offenheit für eine neue und unerwartete akustische Erfahrung geführt. Wie wir sehen werden, sind Rhythmus, Höhen, Melodien, vokale, instrumentale und elektronische Gesten ganz genau nach einem System struktureller Analogie zu den physikalischen Konzepten und Prozessen gestaltet, die dem physikalischen Raumzeit-Modell von Lisa Randall zugrundeliegen. Im Laufe des Kompositionsprozesses tauchen neue musikalische Materialien auf. „Vereint“ werden sie in Form eines hyperexpressiven Klangmaterials am Höhepunkt des Librettos. Die Musik, die die ständigen Kontraste der rhythmischen und emotionalen Spannungen der Dialoge lebendig werden lässt, ist so konzipiert, dass sie die zeitliche Wahrnehmung des Publikums verzerrt.

Strukturelle Beziehungen zwischen Lisa Randalls physikalischen Modellen und der szenisch-musikalischen Raumzeit von *Hypermusic Prologue*

Schon ab dem Beginn meiner Zusammenarbeit mit Lisa wurde zeitgleich mit der Entstehung des Librettos ein großes, faszinierendes, suggestives Netz von Klangverbindungen geschaffen, um die Parallelitäten zwischen der Musik und Lisas physikalischem Modell zu strukturieren. Die „musikalischen Äquivalente“ zu den physikalischen Grundelementen, also die Parameter der musikalischen Dimension, sehen folgendermaßen aus:

Größe / Distanz

Die Größe wird durch die Dauer einer musikalischen Phase (in Sekunden) dargestellt. Hier geht es mir nicht um den spezifischen inneren Rhythmus. Die physikalische Größe hat ihr musikalisches Äquivalent in der Dauer der elektronischen Transformationen, vor allem derjenigen, die die zeitliche Dimension des Tons betreffen (Timestretching, Delay etc.).

Zeit

Die physikalische Zeit entspricht hier der rhythmischen Dichte des musikalischen Diskurses, sowohl den spezifischen, den Diskurs aufbauenden Rhythmen als auch ihrer zeitlichen Entwicklung und der „Granularität“ der elektronisch bearbeiteten Klänge in Echtzeit (Dichte und Abfolgerhythmus der Granularisierung, die aus verschiedenen Prozessen der Granularsynthese resultieren).

Masse

Sie entspricht der Amplitude und dem spektralen Gehalt der Stimmen, der Instrumente und der elektronisch bearbeiteten Klänge. Die der *weak*

Klänge sind vom spektralen Gesichtspunkt aus gesehen weniger stark betont und weniger facettenreich als die Klänge, die der *gravity brane* (Gravitationsbrane) näher sind beziehungsweise jene im Raum der fünften Dimension selbst, denn wenn wir uns dieser fünften Dimension nähern, steigt die Masse exponentiell an.

Energie

Die physikalische Energie entspricht in der Musik der treibenden Dynamik des musikalischen Gestus oder anders gesagt der Entwicklungsgeschwindigkeit des Diskurses (betrifft Amplitude und Spektrum).

Nachdem diese Grundgrößen für die Musik einmal festgelegt wurden, wird man sehen, dass der berühmte Verzerrungsfaktor (Warpfaktor) von Lisa Randalls Modell, der die Verzerrung der fünften Dimension definiert, der zeitlichen Entwicklung all dieser Parameter sowie der Distanz zwischen den ursprünglichen Vokal- und Instrumentalklängen und ihrer jeweiligen elektronischen Bearbeitung in Echtzeit entspricht. In der Mitte der Oper (Ebene IV) wechseln die beiden gegensätzlichen Positionen von Sopran

The image shows a musical score for a baritone part. It consists of two staves of music. The first staff has a treble clef and a 4/4 time signature. The notes are: do, not, /s/, se, pa, rate. Above the notes are dynamic markings: *f mp* above 'do', *p* above 'not', *(unvoiced)* above 'se', and *ff* above 'pa'. There is a slur over 'se pa rate' with the word 'gliss./trasm.' written below it. The second staff has a treble clef and a 4/4 time signature. The notes are: /s/, e, /p fkt k p k/, a /t kt k/, -rate. Above the notes are dynamic markings: *p* above 'e', *f* above 'p fkt k p k', and *p* above 'a /t kt k'. Below the notes are phonetic annotations: /s/ → o → a → i/.

Abbildung 1

brane (Schwachbrane) des Baritons – das heißt unserem bekannten Raum – entsprechenden

und Bariton folgendermaßen: er ist in unserer Raumzeit verhaftet, während der Sopran voll

kommen frei den fünfdimensionalen Hyperraum erkundet. Die zuvor festgelegten Parameter interagieren auf der dynamischen Ebene abhängig von der jeweiligen Position der beiden Sänger:

1. Die Position des Baritons

Er hört die Stimme des Soprans, der sich der Gravitationsbrane mit immer kürzeren Phrasen nähert (weil die Zeit dort ja stark komprimiert wird). Gleichzeitig steigt die rhythmische Dichte an, weil der Sopran exponentiell mehr Masse annimmt, und der Anstieg der Energie findet seine musikalische Parallele in einem immer dynamischeren und akzentuierteren Netz aus Crescendos, Diminuendos, Amplitudenkontrasten etc. Die Geschwindigkeit, mit der Änderungen passieren, wird höher. Eine immer reichhaltigere, flüssigere und stärkere elektronische Bearbeitung der Sopranstimme vermittelt uns das Gefühl, dass dieser an Energie und Masse zu- und größtmäßig abnimmt und dass sich seine Zeitlichkeit komprimiert. Seine Vokalsprache wird immer experimenteller und facettenreicher: Der Bariton bekommt das Gefühl, dass der Sopran überall ist und ihn von allen Seiten umgibt, aber er teilt mit ihm nicht den gleichen Raum, denn zu diesem Zeitpunkt ist die Stimme des Baritons nicht elektronisch bearbeitet.

2. Die Position des Soprans

Er erkundet eine neue, dynamische Klanglandschaft. Mithilfe der Elektronik wird der Klang des Orchesters sowie die Stimme des Baritons, die immer mehr in den vier Dimensionen verortet und eingesperrt wird, in Echtzeit transformiert.

Entsprechend der statischen Abgeschirmtheit des Baritons hört der Sopran ihn mit immer längeren und rhythmisch immer weniger dichten Phrasen (sie hat den Eindruck, dass er eine zeitliche Ausdehnung erlebt). Dass seine Energie abnimmt, kommt durch eine verringerte stimmliche Farbigkeit (die Töne des Baritons werden auch gehaucht) und durch ein elektronisch vereinfachtes Spektrum zum Ausdruck (mittels Frequenzfilter und Klangsyntheseprozessen nähert er sich Sinustönen). Gleichzeitig werden diese elektronisch bearbeiteten Klänge spatialisiert, damit die Töne immer mehr an einem einzigen Ort im Raum konzentriert erscheinen und so das Gefühl des Abgeschirmtseins verstärkt wird. Daneben repräsentiert das Orchester mit seiner fließenden, facettenreichen Dynamik für den Sopran die Aufregung und ein durch das Erforschen der fünften Dimension hervorgerufenes Gefühl der Befreiung. Somit drückt das Orchester den psychologischen Zustand von Abenteuerlust und Euphorie beim Sopran aus, während die elektronisch bearbeitete Stimme des Baritons für die physiologische Wahrnehmung steht, die der Sopran von ihm hat. Die Art, physiologische und psychologische Aspekte kombiniert darzustellen, lässt einen neuen Typus von musikdramatischem Gewebe entstehen, wie man anhand der folgenden Abbildung sehen kann:

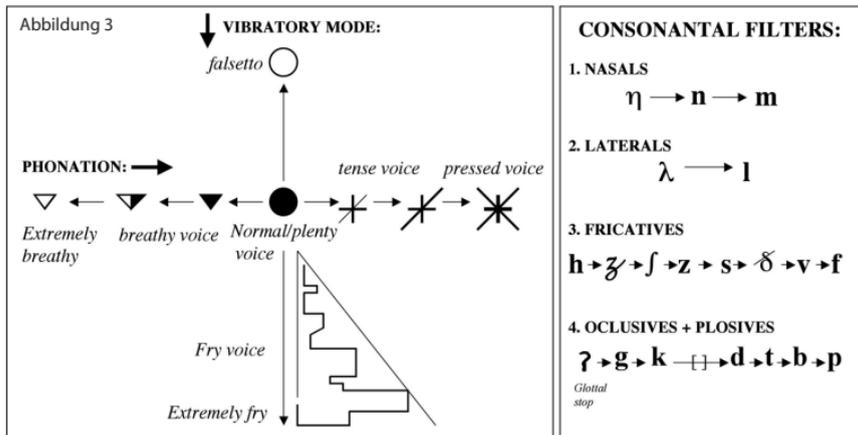
Vibrationsarten der Stimmbänder als klangliche Energiequelle genommen. Damit erhalte ich zwei große Artikulationsachsen:

- 1 - die „Phonation“ (Stimmerzeugung): Töne mit viel Luft – mit wenig Luft – volle Stimme – gespannte – extrem gespannte Stimme
- 2 - Vibrationsart: extrem ungespannte Stimme und „stimmliches Knarren“ - Stimme mit leichtem „Knarren“ – normale Stimme – falsetto

Gleich danach moduliere ich mithilfe der Stimme und der Lippen Klangreihen aus rein gutturalen Tönen. Dabei habe ich vier große Kategorien konsonantischer Modulation mit einer natürlichen, akustischen Filterung der Stimme verwendet:

- 3 - nasale
- 4 - laterale
- 5 - frikative
- 6 - okklusive + plosive

Man sieht, wie die anfänglichen Impulse der Stimmbänder und die konsonantischen Filter Rhythmen und Dynamiken bis in kleinste Einheiten teilen können oder nicht. Eine größere Reichhaltigkeit erreicht man, wenn man im Bereich der Möglichkeiten, die uns unsere Stimmbänder bieten, einen maximalen musikalischen Fluss und eine größere Dynamik mit mehreren verschiedenen konsonantischen Filtern entwickelt. Auf diese Weise lässt sich eine überraschende klangliche Plastizität direkt aus der menschlichen Stimme erzielen.



Dramatische Interaktion zwischen den Stimmen und den Instrumenten: auf der Suche nach einer neuen Klangästhetik

Dank einer komplexen Beziehungsstruktur zwischen den Tönen der Instrumentalisten und den Klangergebnissen aus der elektronischen Bearbeitung und dank einer dynamischen Spatialisierung dieser bearbeiteten Klänge wird der Hörer in das Innere eines stark verzerrten Klangraums katapultiert, der ihn eine psychoakustische Erfahrung erleben lässt, die dem Entdecken einer neuen Raumdimension nahekommt. Diese Erfahrung fördert eine musikalische Katharsis,

die eine neue dramatische Ausdrucksweise, gespeist mit den avanciertesten Ideen der Physik des 21. Jahrhunderts, begünstigt. Insgesamt liegt hinter der Aufführung die Idee, das Publikum in gewisser Weise den „Verlust des Verständnisses für und der Kontrolle über seine eigene Realität“ verspüren zu lassen, vergleichbar mit einer „Entladung von Hyperrealität“, einer Realität, die nicht genau mit jener ident ist, die man sich zu Beginn vorgestellt hat.

The image shows a musical score for voice and piano. At the top, there are dynamic markings: *mp* (mezzo-piano), *ff* (fortissimo), *sfz* (sforzando), and *pp* (pianissimo). Below these, a waveform labeled "mouth:" shows a complex, oscillating sound pattern. The score itself is written on a grand staff with a treble clef and a 3/4 time signature. It features various dynamic markings such as *f*, *p*, *sfz*, *ff*, and *f*. Performance instructions include "trans." (transients), "gliss." (glissando), and "trans." (transients) with arrows indicating specific moments. The piano part includes chords and melodic lines with dynamic markings like *f*, *(sfz)*, *(ff)*, *ff*, and *f*. The vocal line includes lyrics: "n n n n n", "f d d t", "F e v", "v d d h n", and "PTKT KTFFTKTP". Above the vocal line, there are dynamic markings: *< f >*, *< f >*, *p*, *sfz*, *sfz*, and *f*. Above the piano part, there are dynamic markings: *mp*, *ff*, *sfz*, and *pp*. The score is divided into measures with bar lines and includes a 10:8 measure, a 6-measure phrase, a 7:8 measure, and a 12:8 measure.

Abbildung 4. © Tritó Edicions 2009, Barcelona.

Libretto von Lisa Randall

Hypermusic Prologue

A projective opera in seven planes

EBENE I

Sopran:

Warum diese Verwirrung?

Wilde Bewegung?

Fehlende Teile...

Meine Musik irrt herum –
untergetaucht.

Diese Landschaft...?

Diese Bühne unseres Seins?

Wo ist sie?

Wo endet sie?

Strukturen geben der Existenz halt.

Kann ich sie finden?

Ihren Einfluss sehen?

Wie finde ich die Klänge, nach denen ich suche?

Rätsel die ich niemals lösen werde

von hier...

Angst.

Verzerrung;

Qual.

EBENE II: INFRAGESTELLUNG DER REALITÄT

B: ...ein wunderbarer Ort!

S: Diese Formen, dieses Licht...

B: Unvergleichlich.

S: Fesselnde Schatten...

B: Es reicht.

S: Aber nicht ganz
nicht vollständig!

B: Ich kann erklären...

S: Nicht genug!

B: Harmonische rhythmische Skalen...

S: Reichen nicht!

B: Newton sagt uns
wo der Ball landen wird...!

S: Aber nicht mit Lichtgeschwindigkeit!

B: Gravitation steht im Bezug zum Tensor von
Energie!

S: Aber welcher Tensor für unsere Welt?!

B: Du hinterfragst grundsätzliche Annahmen!!

S: Aber die Bausteine...?

B: Abweichungen vom vorgegebenen Pfad!

S: Ich schätze unsere Umgebung!

B: Wir sollen folgen-
Harmonie umgibt uns!

S: Ich schätze dich,
aber tiefe, scharfe Kluften öffnen sich

B: Zeig mir diese neuen Ebenen der Realität!

S: ...und es ist Qual.

B: Verstehe hier und jetzt!

S: Aber was liegt außerhalb unserer Wahrneh-
mung?

Außerhalb unserer Sinne?

B: Von Sinnen!!

S: Stell dir ein Universum vor
Außerhalb-

B: Abstrakte Hindernisse!

S: ...oder innerhalb:

B: Das kann es nicht geben!!

S: Der Blick könnte dort so anders sein...

B: Sieh und fühle!

S: Ich will bleiben...!

B: Torheit!

S: Aber ich kann nicht.

B: SchlieÙe die Lücken hier!

S: Wir passen nicht...

Die Teile passen nicht!

Dissonanz,

Inkonsistenz...

B: Die Antworten liegen vor uns!

S: Ich muss gehen! –

B: Die Weisheit von Jahrhunderten...

S: -Bedeutung zu finden.

B: ...Aristoteles, Maxwell...

S: Aber es wird andere geben-

B: Einstein,

S: schöner als zuvor.

B: Mozart!

S: Ich werde neues Wissen nach Hause bringen.

B: Zeig mir deine neue Melodie!

S: Aber zuerst,
die fehlenden Teile-

B: Wo ist deine Partitur?!

S: ...muss gefunden werden!

S: Mit meiner Musik

werde ich erforschen.

Möglicherweise Auflösung,

wenn ich zurückkehre.

B: Können du und ich dann ganz sein?

S: Du und ich können dann ganz sein.

EBENE III: ANGST UND HOFFNUNG

S: Dieser Schritt – eine neue Dimension –
regt mich an
weit über alles, was ich bisher gefühlt habe.
Bedeutung,

Ordnung-
neue Wahrheiten unserer Welt...

Ich kann sie noch nicht sehen,
aber sie müssen hier sein.

Wohin wird es führen?

Ins Unendliche?

Weg von dir?

Weg von zuhause?

Ich will Versöhnung!

Ich habe Angst.

Ich will umkehren.

Angst unterdrücken?

EBENE IV: GEKRÜMMTER RAUM

S: Der Pfad öffnet sich.

Ich trete ein...

Die fünfte Dimension-
eine neue Richtung.

Raum und Zeit leben!

Raum-Zeit dehnt sich aus!

Zieht sich zusammen!

Die Größe meiner Welt ändert sich.

B: Bleibt dennoch gleich.

S: Ich werde klein;
diese Last wird zu Licht...

eine neue Ebene der Realität
unter dem Gewohnten.

Energie an dem Ort, wo Du gefesselt bist;
plus Energie überall
im höher dimensionierten Raum,
krümmt die Raum-Zeit,
und bestimmt die Form der Gravitation.

B: Die Form der Gravitation?!

Ich sehe deinen Schatten wachsen
Ich höre deine Tonhöhe steigen und fallen!
Aber ich finde dich nicht!
Ich kann die Umriss nicht ausfüllen!
Ich verstehe nicht!

S: Für mich gibt es eine neue Richtung.
Energie durchflutet alles!
Die passende Energie sitzt hier und dort.
Raum-Zeit antwortet: eine erstaunliche Form!
Größe dehnt sich aus
und mit ihr Realität...

B: Ich sehe nur Schatten.
Ich sehe nur das, was hier ist!

S: Raum wächst während ich mich zu dir
bewege ...
und zieht sich zusammen!

B: ...während du dich entfernst?

S und B: Die Größe meiner Erfahrung verändert
sich!

S: Ich sehe mehr-
Das ganze Ausmaß unseres Universums!
Das geht über das, was du beobachtetest,
hinaus!

B: Aber dein Raum ist unsichtbar!

S: Für dich!
Nicht für mich.

B: $F=ma$
Gravitation gehorcht
einem inversen quadratischen Gesetz.
So viel ist verborgen!
Wie kann das wahr sein?!

[Musikalische Blase 1]

B: Warum diese Harmonie stören?!
S: Gravitation kann von uns fern bleiben.
B: Erlaub mir hier zu bleiben...
in deiner Nähe!?
S: Gravitation krümmt unseren Raum.
B: ist das nicht wonach du suchst?!

[Musikalische Blase 2]

S: *Diese* Welten innerhalb gekrümmter Orte...
B: Du brauchst keine...
S: ...negativ gekrümmt.
B: größere...
S: Krümmung verformt den Raum
B: Welt!
S: Und damit unsere Erwartungen.

[Musikalische Blase 3]

B: Gravitation wird uns nicht davon abhalten...
S: Vierdimensionale Gravitation...
B: ...zu einem perfekten Ort empor zu
schweben.
S: ...ist auch in unendlich großen...
B: Sieh. Und fühle!
S: ...zusätzlichen Dimensionen anwendbar ...
B: Draußen eine Abstraktion!
S: ...wenn sie ausreichend verformt sind.
B: Wenn es wahr ist, zeig es mir!

◆◆◆◆

S: Du bist weg,
aber nicht die Gravitation,
sie überlebt
trotz der Entfernung.

B: Gravitation breitet sich im Unendlichen aus,
sie sollte sich auflösen-
ins Nichts verschwinden!

S: Raum-Zeit
ist verformt.
Unser Universum überlebt
in einer kleinen Region
die ich Brane nenne!

B: Eine andere Brane!
Nicht meine!
Nicht unsere!

S: So konzentriert, dass die große Ausdehnung
einer unendlichen Dimension
nicht fühlbar ist?!
Die Kraft der Gravitation
ist nicht verloren.
Sie verweilt fokussiert in der Nähe.

B: Eine entfernte Brane,
Du bist weit weg!

S: Ich bin fokussierter,
erfüllter.

B: Meine Gravitation ist vernachlässigbar.

S: Der Übergang dehnt sich aus
aber konzentriert sich nah am Ort
mit drei Dimensionen
der den Raum bindet!

B: Die drei flachen unendlichen Dimensionen
Die vertrauten,
die ich kenne! -
spiegeln die Physik
unserer Welt.

S: Die konzentrierte Region
gibt dem Bekannten Kraft!
Eine unendliche, zusätzliche Dimension
ist erlaubt!

[Musikalische Blase 4]

S: Schnittpunkt unserer Welten...

B: Der weiche zärtliche Rand

S: ... in diesem seltsamen gekrümmten Ort...

B: ...des zerbrechlichen Chaos'-

S: um vierdimensionale Gravitation zu geben.

B: unser Zuhause!

[Musikalische Blase 5]

B: Ein sicherer und...

S: Exakte Beziehungen zwischen...

B: ...bequemeren Hafen!

S: ...den Spannungen des alten,
und der Energie des neuen größeren Raums.

B: Meine Realität ist hier

Ich sehe keine solche Dimension!



S: Richtungen trennen nicht.

Ich muss wissen

wo ich mich im Raum befinde!

Krümmung ist real und dramatisch.

Das beeinflusst meine unmittelbare Welt!

Wie würdest du es wissen?!

Wie weiß ich's?!

EBENE IV.2: PUNKT UND KONTRAPUNKT

Sopran:

Ich werde diese ungewöhnliche Landschaft
beschreiben:

Ihre Eigenschaften ergänzen,
ableiten ihre Geometrie,
die mich umarmt hat!

Durch die ich gewandert bin.

Lass mich die Mathematik verstehen.

Wie meine Musik komponieren,
lass mich ein Modell dieser Welt machen!
Die Aktion für unser System ist:

$$S = S_{gravity} + S_{brane} + S_{brane'}$$
$$S_{gravity} = \int d^4x \int dy \sqrt{-G} \{-\Lambda + 2M^3 R\}$$
$$S_{brane} = \int d^4x \sqrt{-g_{brane}} \{V_{brane} + \mathcal{L}_{brane}\},$$

Die Lösung zu Einsteins Formel ist:

$$ds^2 = e^{-2k|y|} \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu + dy^2,$$

B: Höre ich etwas?

S: Es kann als Teil von AdS5 definiert werden.
Die Lösung kann nur bestehen, wenn die
Grenzen und die Menge der kosmologischen
Terme in Bezug stehen zu:

$$V_{brane} = -V_{brane'} = 24M^3 k, \quad \Lambda = -24M^3 k^2,$$

was wir von jetzt an annehmen.

B: Welche Geräusche
dringen in meine Seele?!

S: Ich habe herausgefunden, dass
wir konsequent existieren können
mit einer unendlichen fünften Dimension,
ohne die bekannten Untersuchungen der
Gravitation zu untergraben:

Eine einzelne 3er-Brane,
verformt Raum-Zeit im übrigen,
und speziell gestimmte Spannung hier
und überall.

S: Die Spannungsbezüge sind unabhängig von
der präzisen Verteilung von Energie,

B: Wieso entfernen?

S: eine Formel
für den Krümmungs-Tensor
einer diagonalen Metrik...

B: Dein Zuhause ist hier!
Deine Auflösung ist hier!

S: ...und andere Beziehungen die sich bewahren
müssen.

EBENE V: KRÄFTE UND VEREINIGUNG

S: Dieses Ziehen-
dieses Zeren
Diese Kräfte die Strukturen erzeugen,
Interaktionen...

B: Starke Kräfte, die Materie binden;
Schwache Kräfte, die strahlen;
Elektromagnetismus,
der die Ladung beeinflusst;
und Gravitation...?
Gravitation, die nicht hineinpasst!

Gravitation, die mich hier hält,
die sogar unseren ungewöhnlichen Raum
intakt hält...

aber ich befürchte, uns nicht...

S: Aber die Gravitation ist schwach.

B: Gravitation hält mich hier-
Warum dich nicht?
Ich kann dich nicht verlieren!

S: Die Kräfte ändern sich
wie sich Distanzen ändern.
Während ich durch diese zusätzliche
Dimension reise...

ELEKTRONISCHE MUSIK

S: Während ich weg reise,
kommen Kräfte zusammen,
vereinen sich!
Logarithmisches Laufen,
Kräfte ändern ihre Stärke,
bis sie zu einer einzigen werden!
B: Das Ende von Raum!!
S: Raum ändert sich, verändert sich!
Die Welt der Kräfte wird einfach,
B: Punkt der Zusammenkunft?!
S: harmonisch!
Einheit!
Eine einzige Kraft!
B: Einheit?
Eine einzige Kraft?!
Aber das ist alles so weit weg...
Mein Herz zerbricht!
Wir zerbrechen!
Ich zerbreche!
Komm hierher zurück,
wo die Gravitation schwach ist
unsere Anziehung aber nicht!
S: Vereinigung!!
Jetzt verstehe ich endlich
was ich von hier sehen kann.
beunruhigende Harmonie
zuletzt-
Wie kann ich das teilen
mit dir?

EBENE VI: ENTDECKUNG

B: Wie deine Welt öffnen?
Beschreibe,

eröffne,
teile deine Wahrheit!
S: Lass Fingerabdrücke
von dem was hier ist dort zurück
B: Extreme? Bedingungen.
Enorme Energien.
Energien die sich in Masse umwandeln
und das erforscht, was darin enthalten ist!
Beschleunigung,
Energie,
das Unbekannte!!
Mysterium...
Wir können entdecken,
was du schon gesehen hast.
S: Was mich vervollständigt hat.
Was du nun sehen kannst!
B: Welch ein Zusammentreffen,
doch so flüchtig.
Wie soll man verstehen?
Was ist dort?
S: Du wirst wieder entdecken,
zusammensetzen
die Hinweise,
das Undurchsichtige!
B: Zu wenige Hinweise;
es gibt mehr...!
S: Schreib diese Töne,
mach es ganz und leise;
Greife tiefer!
Über das Angenehme hinaus!
Es wird entgleiten
und schließlich passen.
S und B:
Eine seltsame Verbindung

zwischen uns und unseren Welten.
beunruhigende Harmonie...

EBENE VII: DIE ZUKUNFT

S: Uneinige Phänomene.

Harmonischer Unterbau.
Hinweise auf Wohlstand...
und Musik
die darunter liegen.

Verblüffende Phänomene.

B: Duale Interpretationen!

S: Harmonischer Unterbau...

B: Eine einzige Welt!

S: ...und fesselnde Musik...

B: Gleichzeitige Wahrheiten
die verschleiern,
die umarmen!

S: ...unser darunterliegendes Fundament.

S: Ich bin vollständiger.

B: Unsere Welt vollständiger;

S: Wissen...

B: ...und Kraft:

S und B: ein stärkeres Band zwischen uns!

B: und Schönheit!

S: Die Information übersetzt
in unsere verschiedenen Sprachen

S und B: Vertraut und fremd...

Beide wahr,
fordern uns auf zu suchen!

B: Ich dachte

alles wäre vollständig.
Nun verstehe ich besser
da deine Welt

Licht wirft auf meine.
Geometrie formt die Realität,
erklärt das bisher Fehlende...

Warum deine Musik
nicht endete.

S: ...Warum meine Musik nicht endete.

B: Deine Musik verzaubert jetzt.

Die Klänge durchdringen die Realität,
enthüllen den inneren Kern;
rasten.

Ruhe herrscht.

S: Für jetzt-

zerbrechliches Gleichgewicht;
deine Welt ist gegenwärtig,
aber der Ursprung liegt tiefer!

B: Wir habe erst zu verstehen begonnen...

S: ...Wohin als nächstes.

B: Ein andere Blick,
noch versteckt aber wahr?

S: Mehr Verbindungen
die wir nicht verstehen!

S: Möglicherweise hat der Raum;
selbst die Zeit,
wesentliche Bestandteile.

B: Raum und Zeit entstehen?!

S und B: Ist das wahr?

Wir können tiefer greifen?
Mehr finden?

Übersetzung Joachim Unger

Einige physikalische Referenzen zu *Hypermusic Prologue*

Das **universelle Gesetz der Gravitation** wurde 1687 von Isaac Newton in seiner *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* veröffentlicht. Er stellte fest, dass die Anziehungskraft eines bestimmten Objektes mit Masse m_1 auf ein anderes mit der Masse m_2 entlang einer die beiden Körper verbindenden Strecke gerichtet ist, und ihre Größe direkt proportional zum Produkt der Massen und umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung, die sie voneinander trennt, ist. In der Sprache der Mathematik:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Die **spezielle Relativitätstheorie** wurde zwischen 1905 und 1908 von Albert Einstein, Henri Poincaré und Hermann Minkowski entwickelt. Sie erweitert das Prinzip der Relativität auf die elektromagnetischen und optischen Erscheinungen, welche durch die Gesetze von Maxwell beschrieben wurden. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, ein scheinbar unüberwindliches Hindernis, erzwang die Einbeziehung der Zeit als vierte Dimension der absoluten Raumzeit, das Minkowski-Universum. Raumzeit vereint und ersetzt sowohl die absolute Zeit als auch den absoluten euklidischen Raum, auf deren Basis Newton die Theorien der Mechanik und sein Gesetz der universellen Gravitation formulierte. Die spezielle Relativitätstheorie und die flache Minkowski-Raumzeit bilden die Grundlage für die Standard-Modelle der Quantenfeldtheorie

und der Elementarteilchen, den Betrieb von Beschleunigern, wie dem LHC in Genf. Nur wenn die Aktivitäten der vergleichsweise schwachen Gravitation gemessen werden können (sehr hohe Genauigkeit von Daten mit GPS) und / oder berücksichtigt werden müssen (Sternmassen, kosmologische Ereignisse), ist es erforderlich, auf die gekrümmte Raumzeit von Einsteins all-gemeiner Relativitätstheorie zurückzugreifen.

Die **allgemeine Relativitätstheorie** ist die Theorie der Gravitationsfelder, mit der es Albert Einstein im Jahr 1915 gelang, den Einfluss der Gravitation überzeugend zu beschreiben. Mehr noch als die Gesamtheit seiner äußerst wichtigen Beiträge zu anderen Bereichen der Physik sind seine nachfolgenden experimentellen Validierungen seiner Theorie während der Sonnenfinsternis vom 29. Mai 1919 die Ursache für seinen Ruhm. Auch heute noch, ohne eine zufriedenstellende und einheitliche Quantentheorie der Gravitation (also die Zusammenfassung von Quantentheorie und Relativitätstheorie), ist es die Theorie Einsteins, die wir in der Auseinandersetzung mit der Gravitation anwenden. Einsteins Gleichung, wunderbar und von prägnanter Formulierung in mathematisch-geometrischer Sprache (eine höchst lebendige Schilderung in Galileos *Il Saggiatore*), fasst eine der schönsten Theorien in der Physik zusammen und hat den Weg für die wissenschaftliche Kosmologie eröffnet. Diese Gleichung, gültig für die

Beschreibung des Inneren unserer Sonne bis zu den Ursprüngen des Universums, ist:

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Einsteins Gleichung erklärt uns, wie die Anwesenheit von Materie die Raumzeit verzerrt. Die auffallende Folgerung ist, dass die ungeklärte Gravitationskraft einfach verschwindet: es gibt keine solche Kraft in der Natur, sondern die Körper bewegen sich frei durch eine gekrümmte Raumzeit. Auf der anderen Seite steht die kosmologische Konstante Lambda (einst von Einstein als sein größter Fehler verurteilt), die mit seiner ursprünglichen Ablehnung des Big-Bang-Modells von Lemaître zu tun hat, mit der dunklen Energie und der beschleunigten Expansion in Verbindung und spielt eine entscheidende Rolle in erweiterten Universum-Modellen wie den Modellen Randall-Sundrum I und II.

Die **Quantenmechanik** ist eine physikalische Theorie, die die Struktur und das Verhalten der Materie im atomaren Maßstab erklärt. Elektronik, Chemie (und damit die Biochemie und fast alle bekannten Erscheinungen) gelten als beschrieben oder in ihren grundlegenden Ebenen durch diese Theorie erklärt.

Aus dieser Tatsache ergibt sich ihre philosophische und kulturelle Bedeutung, die in keiner Weise geringer als die der Relativitätstheorie ist. Die mathematische Formulierung der Theorie, auch in ihrer untersten Ebene, ist mit einer Vielzahl von erkenntnistheoretischen und ontologischen Interpretationen kompatibel. Polemische

Bemerkung in seiner Geschichte von den Anfängen bis zum heutigen Tag trugen Aufschriften wie: Einstein versus Bohr, Heisenberg versus Schrödinger usw. Sehr vereinfacht wird der Zustand eines Teilchen (z.B. ein Elektron) durch eine komplexe Wellenfunktion oder Wahrscheinlichkeitsamplitude (*Psi*) beschrieben, mit einem Betrag und einer Phase. *Psi* entwickelt sich solange auf eine kontinuierliche und deterministische Weise, Schrödingers Gleichung folgend, bis ein Beobachter eine Messung macht. Das Ergebnis der Messung und der Zustand, in dem sich das Elektron nach der Messung befindet, ist das Ergebnis einer *wesentlich* zufälligen Wahl. Diese Wahl selektiert einen der quantisierten Werte des Spektrums jener Größe, die wir messen, und stellt das System auf die entsprechend richtige, diesem Wert zugeordnete Wellenfunktion. Die allgemeine Quantenmechanik verbindet kontinuierliche und deterministische Evolution (Schrödingers Gleichung), während der Beobachter nicht eingreifen kann, mit einer zufälligen Auswahl eines Quantensprungs (Projektionspostulat oder Phänomen der Wellenpaket-Verminderung) während der Messung. Der Wahrscheinlichkeitsraum und das ist ein Hauptpunkt der nicht immer genug betont wird, in dem die Natur (oder metaphorisch Gott) ihre Entscheidung (bestimmt von *Psi* und dem experimentellen Setting) trifft, entspricht nicht den gängigen mathematischen Wahrscheinlichkeitstheorien. Ist Quantenwahrscheinlichkeit keine Standard-Wahrscheinlichkeit, vielmehr ein Casino ohne Roulette, ein Würfel oder ein anderes Gerät zur Erzeugung von Pseudo-Er-

gebnissen? Wie sie derzeit besteht, verneint es die bloße Möglichkeit, dass wir uns die Ausformung der Raum-Zeit vorstellen können. Einstein und Schrödinger (mit seiner Katze) äußerten ihr Unbehagen mit dieser Situation. Die Einbeziehung der speziellen Relativitätstheorie und der nuklearen Streitkräfte in die Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik hat dieses eigentümliche Panorama nicht verändert. Es wurde für Nicht-Fachleute nur wesentlich unzugänglicher wegen seiner extremen mathematischen Schwierigkeiten. Aber was werden uns in der Zukunft völlig neue Theorien wie die Stringtheorie und hyperdimensionale Modelle im Allgemeinen sagen? Die Diskussion über die „letzte Wirklichkeit“ ist weit davon entfernt, beendet zu sein. Sie ist weit geöffnet und lebendig: Paritätsverletzung, Neutrinomassen, dunkle Materie und dunkle Energie ... Und Wissenschaftler leben sie so leidenschaftlich wie eh und je, obwohl dies nicht leicht durch die unpersönliche Sprache der Standard-Publikationen wahrgenommen werden kann.

Dem Standardmodell folgend nennen wir die **fundamentalen Wechselwirkungen** die vier Arten von Quanten-Feldern (Bosonen), in denen die Materieteilchen (Fermionen) interagieren. Die Präferenz für den Begriff Wechselwirkungen anstatt Kräfte ist darauf zurückzuführen, dass der neue Begriff sowohl die Auswirkungen auf die Bewegung der Teilchen und die Prozesse der Entstehung und ihre Zersetzung umfasst um damit die Vorstellungen aus der Physik Newtons auf Distanz zu halten. Es lässt auch die Vorstellung von Feldern, eingeführt durch die Physik

von Faraday, einem Pionier der Vereinigung, wiedererstarken. Es gibt vier solche Arten von fundamentalen Wechselwirkungen: starke Kernkraft, schwache Kernkraft, Elektromagnetismus und Gravitationskraft. Ein wesentliches Ziel der theoretischen Physik des letzten Jahrhunderts war und ist die Vereinigung dieser Interaktionen. In einem ersten Versuch wurde die Vereinigung der Schwerkraft Einsteins und Maxwells Elektromagnetismus innerhalb der fünfdimensionalen Raumzeit von Kaluza-Klein versucht. Heute sind die schwachen und elektromagnetischen Wechselwirkungen in der elektroschwachen Wechselwirkung vereinheitlicht und die Vereinigung der elektroschwachen und der starken Wechselwirkung ist eines der größeren vereinigten Theorien. Schlussendlich sollte eine „Theorie von Allem“ (A Theory of Everything -TOE) die Gravitation übernehmen. Hierbei ergeben sich jedoch die größten Schwierigkeiten aufgrund der tatsächlichen oder scheinbaren Unvereinbarkeit der allgemeinen Relativitätstheorie und der Quantenfeldtheorie: Ein offenes Feld für die physikalisch-mathematische Spekulation, mit großem Überraschungspotenzial für die experimentelle Hochenergiephysik und Kosmologie.

Die **Stringtheorie** ist ein Vorschlag, ein Modell für die letzte physikalische Realität, in dem die Elementarteilchen, die allgemein als punktförmige Organisationen mit inneren Freiheitsgraden beschrieben werden, als verschiedene Schwingungszustände eines tiefergreifenden erweiterten Objekts (String) betrachtet werden. Ein oder nur sehr wenige Strings würden ausrei-

chen, um die Vielfalt von stabilen und instabilen Teilchen (Resonanzen), und auch die Prozesse der Entstehung und Vernichtung, beobachtet innerhalb von Teilchenbeschleunigern in der Analyse der kosmischen Strahlung, feststellen und beschreiben zu können.

Die **Randall-Sundrum Modelle** (RS) beschreiben im Rahmen der Branekosmologie das Universum als einen Anti-de-Sitter-fünf-dimensionalen Hyperraum, den sogenannten "**Bulk**", mit einer extrem verzerrten fünften Dimension. Dieser Hyperraum umfasst eine dreidimensionale Brane, die alle fundamentalen Teilchen und Wechselwirkungen mit Ausnahme der Schwerkraft beheimatet. Die Modelle stehen im Bezug zur Stringtheorie, mit möglichen zusätzlichen Dimensionen untergeordneter Erweiterung. Die beiden Varianten (RS1 und RS2) wurden im Jahr 1999 von Lisa Randall und Raman Sundrum vorgeschlagen. Sie waren mit den dreidimensionalen Modellen unzufrieden und versuchten eine mathematisch-geometrische Erklärung für die Schwäche der Gravitation zu finden. Die RS-Modelle benötigen zwei wesentliche Parameter. Der erste beschreibt den Wert der kosmologischen Konstante des Bulk. Der andere die Spannungen innerhalb der Brane. Im Modell **RS1** hat die fünfte Dimension eine endliche Größe (im atomaren Bereich) und erstreckt sich zwischen zwei dreidimensionalen Branen. Auf einer, der Schwachbrane (Weakbrane), befinden wir uns selbst und alle bekannten Wechselwirkungen mit Ausnahme der Gravitation. Auf der anderen, der Gravitationsbrane (Gravitybrane), konzen-

triert sich ein Großteil der Gravitationskräfte. Im Modell **RS2** enthält der Bulk nur eine dreidimensionale Brane und die fünfte Dimension (die vierte Dimension des Raumes) besitzt eine unendliche Ausdehnung.

Dr. Josep Manel Parra, Universität Barcelona

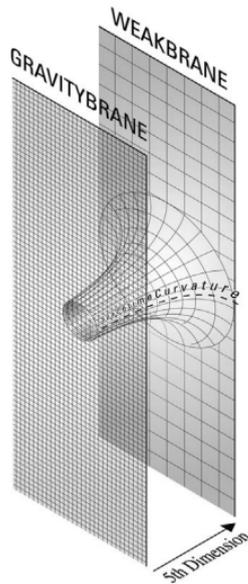


Abbildung 1: Auf dem Weg von der Gravitationsbrane zur Schwachbrane nehmen die Größen zu (und Massen und Energien nehmen ab). © ECCO Press of HarperCollins.

Hypermusic Prologue

A projective opera in seven planes

Hèctor Parra

Introduction

It is generally accepted that artistic creativity and scientific research share categories, attitudes and values to an extent that goes beyond what one might deduce from their more immediate goals, and also other objectives which are considered characteristic of each of these activities. Beauty, intuition, elegance, the intimate feeling of perfection finally achieved, these are shared cultural values that bring about vivid and very direct communication between scientists and artists who share the same delight in the creation of universes.

It is now one hundred years since the revolution of the theory of relativity replaced Newton's model of absolute time with its uniform and universal flux, introducing the fourth geometric dimension. Today, new breakthroughs in physics, both theoretical and observational, suggest that there may well exist as many as seven additional geometric dimensions. The hidden or invisible nature of these dimensions is generally attributed to their hyper-microscopic condition.

In her book *Warped passages*, Lisa Randall has managed to transmit to a very wide public this effort to capture the nature of the ultimate reality which we are part of. The so-called Randall-Sundrum models I and II constitute a special class of theories where the warped nature of these dimensions – and not their smallness – is

the reason for their hidden nature. These specific models, and very especially the overall picture they give of the fundamental interactions of physics, have provided me with the opportunity to construct a symbolic space of great richness that may be used as a framework for musical composition; a framework where the instrumentation and orchestration, the sung music and the electronic techniques in real time are able to generate and provide new acoustic experiences.

Thus, an exciting musical project was born on the basis of a proposal from the Festival d'Òpera de Butxaca de Barcelona in 2006, and it was produced by the IRCAM-Centre Pompidou and the Ensemble intercontemporain, with the support of the Fondation Hermès (Paris), the Department of Culture of the Generalitat de Catalunya and the Gran Teatre del Liceu in Barcelona. It has been a great satisfaction to be able to count on Lisa Randall herself as the librettist and the inspiration for this work: the projective opera *Hypermusic Prologue*.

Hypermusic Prologue: the plot

Hypermusic Prologue is fruit of a unique partnership between science, music and the plastic arts. In the company of Lisa Randall, the artist Matthew Ritchie and the stage director Paul Desveaux, we explore the "historical" form of opera to create a new type of dramatic expression suited to the 21st century.

Lisa Randall's libretto introduces a composer-scientist (soprano) torn between the love she



Figure 1. Opening scene of the opera (Plane 1). Photo credit: Aymeric Warmé-Janville. Centre Pompidou, main hall, 14 June 2009.

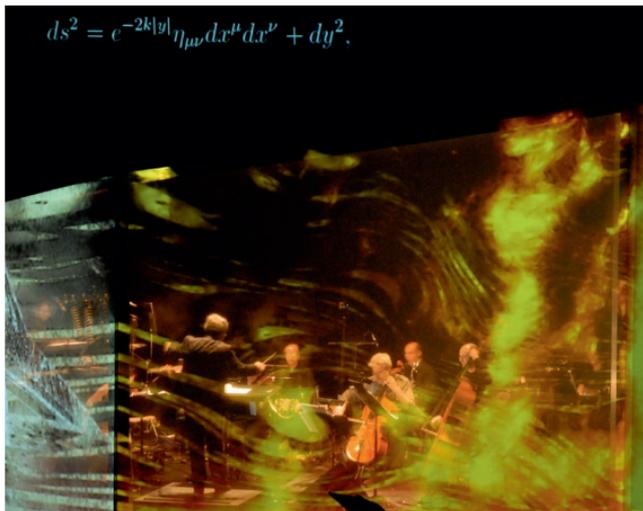
From this moment on, the space and the energy the soprano encounters depend on her position in this new dimension. Thus, soprano and baritone – through this journey – undergo different experiences of reality: the soprano, moving freely in five-dimensional hyperspace, and the baritone, feeling confined in the four dimensions of known space-time.

feels for her partner (baritone) and her passion for knowledge, guided by her conviction that there is a much larger world waiting to be explored.

Their relationship changes when the soprano, after a fierce quarrel, decides to undertake a hypothetical voyage to the warped 5th dimension in the Randall-Sundrum model of space-time...

Figure 2. The scene of the quarrel (Plane 2). Photo credit: Aymeric Warmé-Janville. James Bobby, baritone, and Charlotte Ellett, soprano. Centre Pompidou, main hall, 14 June 2009.





During this composing process new musical material is born, which is unified in the form of hyper-expressive sound material that constitutes the high points of the libretto. The music that gives life to the constant contrasts of emotional and rhythmic tension in the dialogues is specially conceived to distort the public's perception of time.

Figure 3. Scene depicting the space-time distortion at the heart of the opera (Plane 4).

Photo credit: Maud Chazeau, Centre Pompidou, main hall, 14 June 2009.

Music, an extremely organised form of acoustic energy, helps to take us closer and enjoy, through our senses, these mysterious and attractive, intensely distorted spaces.

In this opera, the public is guided from the "familiar, three-dimensional" psychoacoustic space of the concert hall to the sensation of moving into a new, unexpected, spatial-acoustic dimension. Thus, and as we shall see further on, all the electronic, instrumental and vocal rhythms, pitches, melodies and gestures are specially sculpted following a series of structures analogous with the physical processes and concepts that appear in Lisa Randall's space-time model.

Structural relationships between Lisa Randall's physics models and the visual and musical space-time of *Hypermusic Prologue*

From the very start when we began to work with Lisa Randall on this project, the development of the libretto was accompanied by the creation of an extensive fabric of sound connections that structures a parallelism between the music and her fascinating and suggestive physics model. Thus, the "musical equivalents" of the basic elements of physics – the parameters of the warped musical dimension – are as follows:

- **Spatial measurement / distance:** the duration (in seconds) of a musical phrase. Here, we are not concerned with the specific internal rhythms. Physical distance also finds its musical equivalent in the way the electronic transformations modify the length of the periods by means of processes that work on the temporal dimension of sound (time-stretch, delays...)

- **Time:** physical time is equivalent to the rhythmic density of the musical discourse, to the specific rhythms that make it up, and also its evolution during the work. One example is the “granularity” of the electronic treatments in real time, where the density, linking rhythm, length and transposition of the granules resulting from the different electronic processes of granular synthesis change dynamically.

- **Mass:** equivalent to the spectral amplitude and richness of the voices, the instruments and the corresponding electronic treatments. Consequently, the sounds corresponding to the “Weak Brane” – that is, known space-time – are weaker and less rich spectrally than the sounds closer to the “Gravity Brane”, since mass increases exponentially as we approach the latter.

- **Energy:** equivalent, in music, to the dynamics

of the thrust of the musical gesture, to the velocity at which the discourse changes (in amplitude and/or spectrum).

Once defined the basic dimensions in which we move acoustically, we find that the famous warp factor of the Randall-Sundrum models, which defines how the 5th dimension is deformed, corresponds to the temporal evolution of all these parameters, and also the distance that separates the original vocal or instrumental sound from its electronic treatment in real time.

At the heart of the opera (plane four), the soprano and the baritone’s opposing points of view alternate: he is anchored in known four-dimensional space-time, while the soprano explores five-dimensional hyperspace with total freedom. In this way the musical parameters defined above interact dynamically depending on the point of view of each of the singers:

- **From the baritone’s point of view:** he perceives the soprano’s voice, when she approaches the “Gravity Brane”, as a series of shorter and shorter phrases, because time is being compressed enormously. At the same time, as the soprano’s voice gains mass exponentially, the rhythmic density grows and the increase in energy is transcribed musically into a more and more dynamic and ac-



Figure 4

centuated network of crescendos, diminuendos and contrasts of amplitude: the rate of change increases. A progressively richer, more fluid and powerful electronic treatment of the voice gives the sensation that it is gaining in energy and mass, while at the same time it diminishes in size and its tempo is compressed. The language of the soprano becomes progressively richer and more experimental:

The baritone has the impression that the soprano is everywhere, surrounding him without occupying the same space, because the baritone's voice is not treated electronically.

- **From the soprano's point of view:** she experiences a new, dynamic soundscape. Electronics transforms, in real time, the sound of the orchestra and the voice of the baritone, progressively more "localised" and imprisoned in the four known dimensions. In this way, as befits the static confinement he finds himself in, the soprano perceives him through longer and longer phrases with less rhythmic density, which shape a temporal dilatation. The lower-level energy of the baritone is also expressed by a loss of vocal colour (singing breathy sounds) and by an electronic simplification of its spectrum (by means of frequential filters and processes of sound resyn-

thesis that approximate it to sinusoidal sounds). In Figure 5 we can observe these characteristics: the white triangles indicate breathy sounds, and the broken lines describe a deep, broken, jagged sound emission, almost a synthesised voice (fry voice).

At the same time, these electronic treatments are spatialised so that the sound is concentrated in a unique point in space and thus accentuates the sensation of confinement. On the other hand, the orchestra, with its fluidity and dynamic richness, represents for the soprano the excitement and the liberating sensation provoked by her exploration of the fifth dimension. Contrariwise, the electronic voice of the baritone represents the soprano's physiological perception of him. The timing of the dialogues interwoven between the two singers, and also their musical relationship with the orchestra, is heavily distorted – much more so than in classical opera – and rapidly adopts diverse forms. At the end of this central scene, once she has culminated her journey to the fifth dimension, we experience, through the music, a whole series of temporal accidents that accentuate the distance – both physical and emotional – that separates the two singers: tense and explosive moments where the rhythmical-temporal retention (time

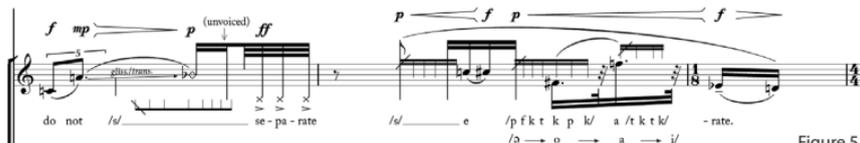


Figure 5

as perceived by the public becomes slower and slower) is interrupted by powerful decompressions (fast accelerations of the music). The combined exposition of the physiological and psychological aspects contributes to create a new type of musical and dramatic fabric, described in Figure 6:

These gulfs lead us to a point of no return where the soprano discovers – by experimenting with her own voice – a new, purely musical, vocal language. Just as physicists experiment

the vocal cords vibrate. Let us consider two vital aspects of articulation:

- 1 - Phonation: very breathy sounds – scarcely breathy sounds – full/normal voice – tense voice – extremely tense (pressed voice).
- 2 - The vibratory mode: extremely relaxed and deep (fry) voice – fry voice – normal voice – falsetto singing voice.

And, almost at once, with the aid of the tongue and the lips we modify this rich spec-

Figure 6. © Tritó Edicions 2009, Barcelona.

with particle accelerators and radio telescopes, in this opera the singers experiment with their own voices, their essential frame of reference.

As a vivid representation of what might constitute a multidimensional voice, we take, as our sources of energy, the different ways of making

trium of sounds produced exclusively by guttural impulses. Consonantal modulation (natural acoustic filtering of the voice) falls into four main categories:

- 3- Nasal
- 4- Lateral

5- Fricative

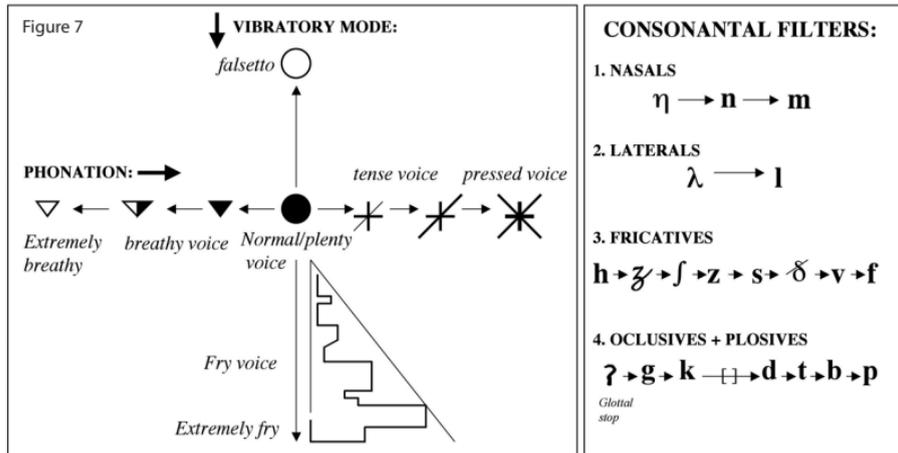
6- Occlusive + plosive

These six facets of this creative sound space are schematised in Figure 7:

We see how the initial impulses of the vocal cords and the consonantal filters can (or cannot) share rhythms and dynamics on their smallest scale. The richest range occurs when we move more fluidly within the field of possibilities offered by our vocal cords, and when we apply greater dynamics and variability to our consonantal filters. Thus, an unsuspected plasticity of sound emerges directly through the human voice. Figure 8 illustrates a brief fragment of this new language.

Dramatic interaction between voices and instruments: in search of new sound aesthetics

One of the main lines of research in this opera is the creation of new musical relationships between the human voice and the instruments, by means of a more organic type of electronics, vivid and sensitive to the musicians' work. The understanding and full use of the potential offered by the new electronic devices developed at the IRCAM to capture gestural and acoustic signals exercised an intense influence on the vocal and instrumental composition. The conception of the score, therefore, is intrinsically linked



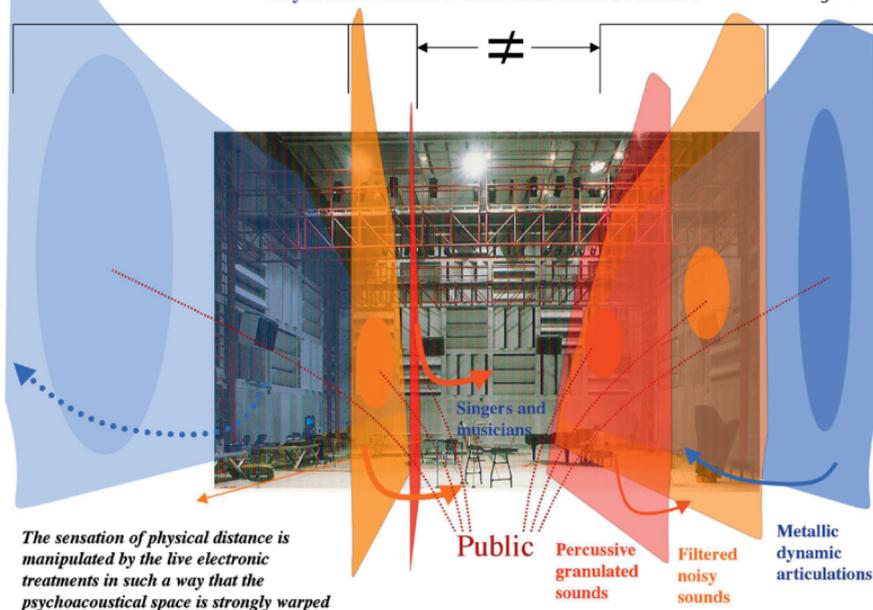
captured and analysed, we boost the electronic treatment of the voices in the following way: the more unharmonic the sound produced by the strings (the curve drawn higher up) the louder the electronic treatment of the voices, and the stronger the transposition applied to the vocal spectrum. In this way, the word expectations, sung by the soprano, and the word world, sung by the baritone, emerge as distorted by a series

The image shows a musical score for the phrase "BRANES INSIDE WARPED SPACE". The score is written for Soprano (Soprano) and Baritone (Baritone). The lyrics are: **B** **R** **A** **N** **E** **S** **I** **N** **S** **I** **D** **E** **W** **A** **R** **P** **E** **D** **S** **P** **A** **C** **E**. The score is annotated with various musical notations and colored boxes highlighting specific consonants: **B** (Baritone), **N** (Soprano), **P** (Soprano), **D** (Soprano), and **S** (Soprano). The annotations include dynamic markings (p, mf, f, pp, ff), articulation (acc, stacc, sfz), and performance instructions (molto s.p., leggiero, affrettato). A blue curve is drawn above the Soprano staff, indicating the electronic treatment of the voice. The title "BRANES INSIDE WARPED SPACE" is written in large, bold, red letters across the top of the score.

Figure 10. © Tritó Edicions 2009, Barcelona.

of electronic treatments directed by the string instruments: the enigmatic world explored by the soprano modifies and distorts the expectations placed on their relationship by the two singers.

In contrast, in other passages it is the voices that take acoustic-temporal control of the show through the capture of the surrounding sound and factors of an unharmonic nature in the vocal sound. Thus, one voice may modify the other electro-acoustically. The rhythm and the alternation of these exchanges follow the morphological and semantic characteristics of the text very closely. For example, the phrase *branes inside warped space* is sung by the soprano during her exploration of this mysterious, heavily distorted space. This suggested to me the idea of exploring the articulation of each word by sharing it between the soprano and the ensemble: the soprano –assimilated into the “branes” – articulates the vowels, and the strings – the warped space – articulate the corresponding consonants by means of an electronic treatment, which crosses the spectrum of each pizzicato or brief articulation with a previously recorded consonant. This gives the impression that the strings speak, that they articulate the consonants that the soprano is unable to voice. The computer knows at any given moment, in relation to the lyrics the soprano is singing, which consonant to take as the starting point to generate this intercrossing synthesis. The complete words are re-constituted more or less naturally, but distorted –warped- by this perfusion of sound spectrums



and surrounding vowels. The score analysed in Figure 10 exemplifies this procedure:

The goal is to generate a new form of intrinsically musical dramaturgy that emerges precisely out of the extreme solidarity and interrelation between the instrumental performance, the singing and its joint treatment in real time; a type of dramaturgy that has its base in and is guided by the capture of the different characteristics and

qualities of the sound itself. Thanks to the complex relational structure established between the gestures of the musicians and the sound resulting from their electronic treatment, and a dynamic spatialisation of the resulting sound (Figure 11), the listeners are thrust into the interior of a highly distorted sound space – warped – where they go through a psycho-acoustic and emotional experience that borders on the dis-

covery of a new spatial dimension. This favours a musical catharsis propitiated by a renewed form of dramatic expression, which draws on the most advanced ideas in 21st century physics.

Figure 12 illustrates the dynamic relationship between the different textures played by the instruments and the spatialisation applied to each of the electronic treatments derived from these textures:

The show, taken as a whole, aims to generate a strange sensation where the public feel they have lost their understanding and control of reality itself, almost like a “shivery glimpse of hyperreality”, the intuition of a reality that is not exactly the same as how we imagined it at the beginning!

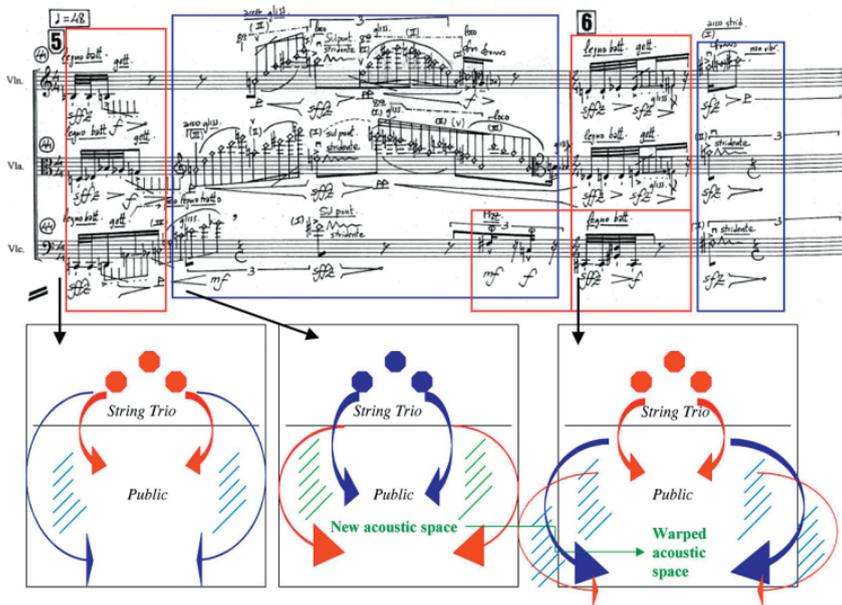


Figure 12



© Maud Chazeau

Renewed polyphony

One of the main new perspectives opened up by this research is that of a novel type of polyphony, which permits a richer relationship between each of the voices. As Mahler observed, in authentic polyphony the themes have to sound independently, some laid over others, from the beginning to the culmination. Therefore, the maximum possible contrast between the themes should be main-

tained, so that they can always be heard and understood separately. When putting into practice Mahler's ideal with the means available today, an extremely detailed and complete parametrization of the production of the instrumental sound turns out to be very useful. The polyphonic lines become veritable sound fibres, comparable to the muscle fibres in the body of a gymnast.

To favour this ideal, in my recent works I have attempted to establish greater coexistence between different energetic and emotional states, interwoven polyphonically, which can lead to the experience of each moment in all its intensity. Thus, the electrifying thrust of a strident *sforzato* in a natural harmonic position is

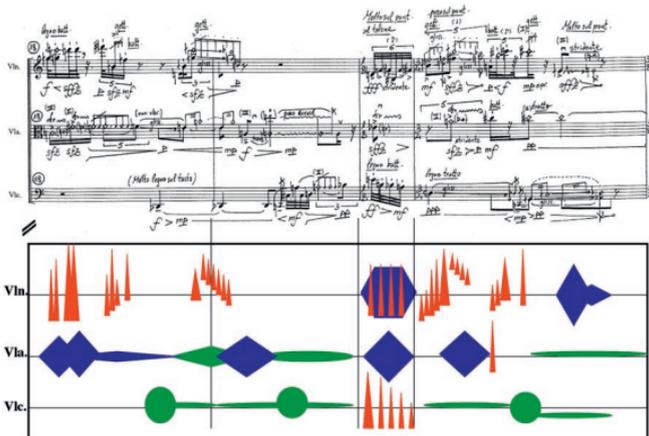


Figure 13. Polyphony of counterposed instrumental textures

counterposed by the anguished retention of an *écrasé* laid over the deep notes of the register. And the incisive lightness of the glissandos of the harmonics *sul ponticello* contrasts with the warm, welcoming sensation produced by *sul tasto* singing.

In the following example (Figure 13) I present an example from my *String Trio* (2006) where each of the three instruments develops a discourse with very well differentiated characteristics. They are represented schematically in the lower part. In this piece the violin chisels out the microtemporal scale with brief contributions in the way of very loud and high-pitched incursions, the viola accentuates certain moments of the intermediate time scale with stridencies in the middle register, and the violoncello structures the larger temporal scale with its characteristic deeper register and a total absence of attacks. This type of polyphonic structure was suggested to me by the hierarchisation (strong, electroweak and gravitational) of the fundamental interactions of physics.

Through my music I attempt to help the listeners to experience a whole spectrum of moods: the sense of urgency we feel in the face of the unreachable, the tenderness that flowers on the threshold of perception, the ephemeral plenitude, the unsustainable frenzy. It is through the refracting prism of our perception that diverse musical events – sometimes sudden and

abrupt, sometimes stealthily elusive – are able to converge to produce a fully-fledged experience of vital consciousness. In the space of a few seconds, different energetic and emotional states, interwoven polyphonically, coincide and coexist (Figure 14, p. 36). Thus, we are pushed auditatively to experience each instant with maximum intensity, in a state of hyperconcentration. This process eventually leads to the very heart of a vibrant and magical “space-moment”, to a “dimensional extension” of space-time, where we perceive intimately the free flow and figuration of our thoughts, stimulated by our musical expressiveness and sensibility.

From a more formal standpoint, I have established an integral fusion between the timbre, rhythm and the harmony in this (hyper)sonic adventure. I have combined it with polyphony that is not limited to interweaving independent melodic lines, but which extends its action to materials and bundles of instrumental fibres with characteristic timbral qualities – which also evolve with time. It is with this enlarged set of tools that I have sculpted the opera, from the macroscale to the microscale. Accordingly, *Hypermusic Prologue* reflects my firm conviction that a greater degree of integration of the different musical parameters, capable of producing, categorising and manipulating a vaster dominion of sound plasticity, paves the way for the attainment of new types of musical expression.

267

Fl. *ff* > *p* *mf* *smorz.* *p* *ffz* *smorz.* *ffz*

Cl. *ffz* *f* *p f mb* *ffz* *ppz* *p* *f* *f* *ffz*

Hn. *ffz* *p* *smorz.* *f* *ffz* *100% breathy* *fz* *fz* *fz* *fz*

Perc. *ff* *ffz* *temple block* *spiral cymbal*

S. *f mp* *p (unvoiced)* *ff* *p* *f* *p* *f* *f*

do not /s/ *gliss./trills* se - pa - rate /s/ e /p f k t k p k/ a /t k t k/ - rate.
 /o → o → a → i/

Bar.

Figure 14. Partial score for the soprano's experimental voice presented in Figure 4.
 © Tritó Edicions 2009, Barcelona.

Libretto by Lisa Randall

Hypermusic Prologue

A projective opera in seven planes

PLANE I

Soprano:

Why this confusion?
Frantic movement?
Missing pieces...
My music strays –
submerged.

This landscape...?
This stage for our being?
Where is it?
Where does it end?

Structures support existence.
Can I find them?
See their influence?

How to find the sounds I seek?
Puzzles I will never decipher
from here...

Anguish,
Distortion;
Agony.

PLANE II: QUESTIONING REALITY

B: ...a wonderful place!
S: These shapes, this light...
B: Incomparable.
S: Captivating shadows...

B: It's enough.
S: But not complete
–not whole!
B: I can explain...
S: Not enough!
B: Harmonic rhythmic scales...
S: Do not suffice!
B: Newton tells you
where the ball will fall..!
S: But not at lightspeed!
B: Gravity relates to energy's tensor!
S: But what tensor for our world?!
B: You question basic beliefs!!
S: But the building blocks...?
B: Deviations from the path!
S: I cherish our surroundings!
B: we're meant to follow-
Harmony is here!
S: I cherish you,
but deep sharp fissures open...
B: Show me these new layers of reality!
S: ...and it is agony.
B: Understand here!
S: But what lies outside perceptions?
Beyond senses?
B: Beyond sense!!
S: Imagine a universe
outside-
B: Abstract obstructions!
S: ...or inside.
B: This cannot exist!!
S: The view could be so different there...
B: Look and feel!
S: I want to stay..!
B: Foolishness!

S: But I can't.

B: Complete us here!

S: We don't fit...

The pieces don't fit!

Dissonance,

Inconsistency...

B: The answers are here!

S: I must leave! -

B: The wisdom of centuries...

S: -Find meaning.

B: ...Aristotle, Maxwell...

S: But there will be others-

B: Einstein,

S: more beautiful than before.

B: Mozart!

S: I'll take new knowledge home.

B: Show me your new melody!

S: But first,

the missing pieces-

B: Where is your score?!

S: ...must be found!

S: With my music

I will explore.

Resolution, maybe,

when I return.

B: You and I can then be whole?

S: You and I can then be whole.

PLANE III: FEAR AND HOPE

S: This step— a new dimension—

excites me

beyond anything I have ever felt.

meaning,

order—

new truths of our world...

I can't yet see,

but it has to be there.

Where will it lead?

To the infinite?

Away from you?

Away from home?

I want reconciliation!

I am scared.

I want to return.

Smother fear.

PLANE IV: WARPED SPACE

S: The pathway opens.

I enter...

The fifth dimension-

a new direction.

Space and time are alive!

Spacetime expands!

It contracts!

The scale of my world changes.

B: Yet stays the same

S: I become small;

this burden becomes light...

A new layer of reality

underlies the familiar.

Energy in the place you are captive,

plus energy throughout

higher dimensional space

curves spacetime,

and tells the shape of Gravity.

B: The shape of gravity?!

I see your shadow grow
and shrink...!
I hear your pitch rise and fall!
But, I can't find you!
I can't fill the outline!
I don't understand!

S: For me there is a new direction.
Energy suffuses all!
Matched energy sits here and there.
Spacetime responds: a surprising shape!
Scales expand
And with it my reality...
B: I see just shadows.
I see only what is here!
S: Space grows as I move toward you...
And contracts!
B: ...as you move away?
S and B: The scale of my experience is altered!

S: I see more-
The full extent of our universe!
That goes beyond what you observe!
B: But your space is invisible!
S: To you!
not to me.
B: $F=ma$
Gravity obeys
an inverse square law.
So much is hidden!
How can this be true?!

[MUSICAL BUBBLE 1]

B: Why disrupt this harmony?!
S: Gravity can remain away from us.

B: But allow me to stay...
near you?
S: Gravity warps our space.
B: for isn't that what you seek?!

[MUSICAL BUBBLE 2]

S: These worlds inside warped places...
B: You don't need...
S: ...negatively curved.
B: a larger...
S: Curvature warps space
B: world!
S: And with it our expectations.

[MUSICAL BUBBLE 3]

B: Gravity won't keep us...
S: Four-dimensional gravity...
B: ...from soaring to a perfect place.
S: ...can apply even with infinitely large...
B: Look. And feel!
S: ...extra dimensions...
B: Outside is an abstraction!
S: ...if they are sufficiently warped.
B: If it's real show it to me!



S: You are gone,
but not gravity,
that survives
despite distance.
B: Gravity spreads to infinity,
it should dilute-
fade to nothing!
S: Spacetime
is warped.

Our universe survives
in a small region
I call a brane!
B: A different brane!
Not mine!
Not ours!
S: So concentrated that the huge expanse
of an infinite dimension
cannot be felt?!
The gravitational force
is not lost.
But remains focused nearby.
B: A distant brane,
You are far!
S: I am more focused,
more fulfilled.
B: My gravity is negligible.
S: The passage extends
but concentrates near the place
with three dimensions
that bounds this space!
B: The three flat infinite dimensions
The familiar ones,
-the ones I know!-
reproduce the physics
of our world.
S: The focused region
gives our familiar force!
An infinite extra dimension
is allowed!

[MUSICAL BUBBLE 4]

S: Intersection of our worlds...

B: The soft cozy edge
S: ...in this strange warped place...
B: ...of brittle chaos-
S: to give four-dimensional gravity.
B: our home!

[MUSICAL BUBBLE 5]

B: A safe...
S: Exact relations among...
B: ...comfortable haven!
S: ...the tensions of the old,
and energy of a new larger space.
B: My reality is here
I see no such dimension!



S: Directions do not separate.

I must know
where I am in space!
Curvature is real and dramatic.
That affects my local world!
How would you know?!How do I know?!

PLANE IV.2: POINT AND COUNTERPOINT

Soprano:

I will describe this strange landscape:
Flesh out its properties,
deduce the geometry
that embraced me!
That I wandered through.
Let me understand the math.
How to compose my music,

Let me model this world!

The action for our system is:

$$S = S_{gravity} + S_{brane} + S_{brane'}$$

$$S_{gravity} = \int d^4x \int dy \sqrt{-G} \{-\Lambda + 2M^3 R\}$$

$$S_{brane} = \int d^4x \sqrt{-g_{brane}} \{V_{brane} + \mathcal{L}_{brane}\},$$

The solution to Einstein's equations is:

$$ds^2 = e^{-2k|y|} \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu + dy^2,$$

B: Do I hear something?

S: It can be identified as a slice of AdS5.

The solution holds only when the boundary and bulk cosmological terms are related by:

$$V_{brane} = -V_{brane'} = 24M^3k, \quad \Lambda = -24M^3k^2,$$

which we assume from now on.

B: What is this noise entering my soul?!

S: I have found we can consistently exist with an infinite fifth dimension, without violating known tests of gravity: A single 3-brane, warped spacetime in the rest, and specially tuned tension here and throughout.

S: The tension relations are independent of the precise distribution of energy

B: Why move away?

S: a formula for the curvature tensor of a diagonal metric...

B: Your home is here!

Your resolution is here!

S: ...and other relations that must hold true.

PLANE V: FORCES AND UNIFICATION

S: This pull-

this tug

These forces that create structures, interactions...

B: Strong forces holding matter;

Weak forces that radioact;

Electromagnetism that influences charge;

And gravity...?

Gravity that doesn't fit!

Gravity that holds me here,

that holds even our strange space intact...

But I fear not us....

S: But gravity is feeble.

B: Gravity keeps me here-

Why not you?

I can't lose you!

S: The forces change as distances change.

As I travel through this extra dimension...

ELECTRONIC MUSIC

- S: As I travel away,
forces come together,
unite!
Logarithmic running.
Forces change strength,
until there is a single one!
- B: The end of space!!
- S: Space changes and varies!
The world of forces becomes simple,
- B: Point of convergence?!
- S: harmonious!
Unity!
- A single force!
- B: Unity?
A single force?!
But this is so far away...
My heart breaks!
We break!
I break!
Return here,
to where gravity is feeble
but our attraction is not!
- S: Unification!!
I finally understand
what I can see from here.
Disquieting harmony
at last-
How do I share this
with you?

PLANE VI: DISCOVERY

- B: How to open up your world?
Describe,

- reveal,
Share your truth!
- S: Leave fingerprints there
of what is here.
- B: Extreme conditions.
Enormous energy.
Energy that converts to mass
and probes what's inside!
Acceleration,
energy,
the unknown!!
Mystery...
We can explore
what you have already witnessed.
- S: What made me complete.
What you can now see!
- B: Such an encounter,
Yet so fleeting!
How to interpret?
What is there?
- S: Again you will discover,
piece together
the hints,
the obscure!
- B: Not enough clues;
more is there...!
- S: Compose these notes,
Make it whole and quiet;
Reach deeper!
Beyond comfort!
It will slip
and then fit.
- S and B:
A strange conduit

between us and our worlds.
Disquieting harmony...

PLANE VII: THE FUTURE

S: Discordant phenomena.
Harmonious underpinnings.
Hints of wealth...
and music
that lie underneath.
Puzzling phenomena
B: Dual interpretations!
S: Harmonious underpinnings...
B: One single world!
S:...and captivating music...
B: Simultaneous truths
that mystify,
That embrace!
S...our foundation underneath.

S: I am more whole.
B: Our home more complete;
S: Knowledge...
B: ...and strength:
S and B: a stronger bond between us!
B: And beauty!
S: Information translates
Into our different tongues
S and B: Familiar and foreign...
Both are true,
challenge us to search!

B: I thought
all was complete.
I now understand more
as your world

sheds light on mine.
Geometry shapes reality,
explains what was missing...
Why your music
didn't end.

S: ...Why my music didn't end.
B: Your music now enchants.
The sounds penetrate reality,
reveal the inner core;
rest.
Calmmess reigns.
S: For now-
fragile equilibrium;
Your world is present,
But the sources lie deeper!

B: We have only begun to comprehend...
S: ...Where to go next.
B: Another view,
hidden yet true?
S: More connections
We don't understand!
S: Perhaps space,
even time,
has constituents.
B: Space and time emergent?!

S and B: Is it true?
We can reach deeper?
Find more?

Some physics referents for *Hypermusic Prologue*

The **universal law of gravitation** was published in 1687 by Isaac Newton in his *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. He stated that the attractive force exerted by a given object with mass m_1 upon another with mass m_2 is directed along the line uniting the two bodies, and its magnitude is directly proportional to the product of the masses and inversely proportional to the square of the distance that separates them. In mathematical language:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

The **special theory of relativity** was developed between 1905 and 1908 by Albert Einstein, Henri Poincaré and Hermann Minkowski. It extends the principle of relativity -the laws of mechanics are the same in all inertial frames moving at constant velocity to each other- to the electromagnetic and optical phenomena described by the laws of Maxwell. The constancy of the speed of light, a seemingly insurmountable obstacle, forced the incorporation of time as the fourth dimension of an absolute spacetime, the Minkowski's universe. Spacetime unifies and replaces both absolute time and absolute Euclidean space upon which Newton based the science of mechanics and formulated his law of universal gravitation. The special theory of relativity and the flat Minkowski spacetime are at the basis of standard models of quantum field

theory and elementary particles, the operation of accelerators as the LHC in Geneva, and nuclear energy. Only when the actions of the comparatively weak gravitational interaction can be measured (very high precision data in GPS) and / or must be taken into account (stellar masses, cosmological events), it is necessary to resort to the curved spacetime of the Einstein's general relativity.

The **general theory of relativity** is the theory of gravitational field with which in 1915 Albert Einstein managed to incorporate the gravitational interaction replacing the conceptually problematic and yet physically untenable instantaneous action at a distance of Newton. His subsequent experimental validation in the eclipse of 29 may of 1919 is the basis of his fame more than the whole set of his very important contributions to other fields of physics. Even today, without a satisfactory or consistent quantum theory of gravitation, it is in the form given by Einstein that we understand and deal with the gravitational interaction in a way qualitatively different from all the other fundamental forces. Einstein's equation, wonderful and terse verse in mathematical-geometric language (a most vivid evocation of Galileo's *Il Saggiatore*), encapsulates one of the most beautiful theories in physics and has opened the path to scientific cosmology. This equation, valid from inside our

Sun to the origins of the universe, is:

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

It tells us that, at each point of spacetime, Einstein tensor (which he obtained after many painstakingly attempts and that recollects a selected amount of information of the spacetime curvature), plus the cosmological constant Λ times the metric tensor is equal to Newton's constant times the energy-momentum tensor (which recollects the material and energy content, taking into account its structure and movement). Greek subscripts running through 1,2,3,4 correspond to four independent directions in spacetime, and show that a total of 10 numerical equations must be solved corresponding to the four directions and six planes that can be formed with them. In brief, Einstein's equation tells us how the presence of matter warps spacetime. And the striking consequence is that the unexplained gravitational force simply disappears: there is no such force in Nature, instead the bodies move freely through a curved spacetime. On the other hand, the cosmological constant term *Lambda* (once considered by Einstein as his biggest mistake) had to do with his original rejection of the Big-Bang model of Lemaitre but today is related to the dark energy and the accelerated expansion, and plays a crucial role in extended universe models like the Randall-Sundrum ones.

Quantum mechanics is the physical theory that explains the structure and behavior of matter at the atomic scale. Electronics, chemistry (and hence biochemistry and almost all familiar phenomena) are considered described or explained at its more fundamental level by this theory.

From this fact follows its philosophical and cultural relevance, in no way inferior to those of relativity. The mathematical formulation of the theory, even at its most basic level, makes it compatible with a variety of epistemological and ontological interpretations. Thus, polemical issues have marked its history from its origins to this day: Einstein versus Bohr, Heisenberg versus Schrödinger, etc. Very synthetically, the state of a particle (an electron, for instance) is described by a complex wave function or probability amplitude *Psi*, with real and imaginary parts or, better modulus and phase. *Psi* evolves in a continuous and deterministic way following Schrödinger's equation until an observer makes a measurement. The outcome of the measurement and the state into which the electron is left after the measure is the result of an *essential* random choice. This choice selects one of the quantized values of the spectrum of the quantity we measure and puts the system in the corresponding proper wave function associated to that value. Overall standard quantum mechanics combines continuous and deterministic evolution (Schrödinger equation) while the observer does not intervene, with a random choice of a quantum jump (projection postulate or

phenomenon of wave packet reduction) in the act of measurement. And, that is a main point not always sufficiently stressed, the probability space in which Nature (or metaphorically God) makes its choice, obtained from Ψ and the experimental setting, does not correspond to the standard mathematical probability theory applied in any other field of human knowledge. Quantum probability is not a standard probability, it is more like a Casino without a roulette or dices or any other device for generating pseudorandom results? As it stands it denies the very possibility that we witness or imagine the draw in the space-time. Einstein and Schrödinger with his cat expressed their discomfort with that situation. The incorporation of special relativity and nuclear forces in quantum field theory and quantum chromodynamics has not changed this peculiar panorama, only made it more inaccessible to the nonspecialist because of its extreme mathematical difficulty. But what may tell us in the future radically new theories as string theory and hyperdimensional models in general? The discussion about the ultimate reality is far to be closed. It is wide open and alive: parity violation, neutrino masses, dark matter and dark energy ... And scientists live it as passionately as ever, although this cannot easily be seen or perceived through the impersonal written language of the refereed standard publications.

According to the standard model we call **fundamental interactions** the four types of quantum fields (bosons) through which material particles (fermions) interact. The preference for

interactions instead of forces is explained because the new term includes both the effects upon the movement of the particles and the processes of creation and disintegration of them, while avoiding the associated mental image the actions at a distance of the Newtonian physics. It also reinforces the image of the fields in physics introduced by Faraday, a pioneer of unification. There are four such types of fundamental interactions: strong nuclear, weak nuclear, electromagnetic and gravitational. A major goal of theoretical physics of the last century has been and still is the unification of interactions. A first pioneer attempt, today revisited in a broader framework, was the unification of Einstein's gravity and Maxwell's electromagnetism in the five dimensional spacetime of Kaluza-Klein. Today, the weak and electromagnetic interactions have been unified into the electroweak interaction and the unification of the electroweak and strong interactions are the object of GUT's (grand unified theories). Finally a theory of everything (TOE) should incorporate the gravity and here is where the greatest difficulties arise due to real or apparent incompatibility of general relativity and quantum field theory. An open field to the physico-mathematical speculation, with more than one eye put upon possible developments or surprises in experimental high energy physics and cosmology.

String theory is a proposal to construct a model for the ultimate physical reality in which the elementary particles, generally regarded as point entities with internal degrees of freedom,

are conceived as different vibrational states of a more fundamental extended object, called string. One or very few strings would be enough to establish and describe the variety of stable and unstable particles (resonances), and also the processes of creation and annihilation observed in particle accelerators and in the analysis of cosmic rays.

The **Randall-Sundrum models (RS)**, in the framework of brane cosmology, describe the universe as an anti de Sitter five-dimensional hyperspace, the so-called "**bulk**", with an extremely warped fifth dimension. This hyperspace contains a three-dimensional brane which is the seat of all the fundamental particles and interactions except gravity. They are formulated in terms of string theory, with extra dimensions of negligible extension compared to the five others. The two variants (RS1 and RS2) were proposed in 1999 by Lisa Randall and Raman Sundrum, dissatisfied with the extra dimensional models then in vogue and try to offer a mathematico-geometrical explanation of why gravity appears to be so extremely weak when compared to the other interactions. The RS models require two main parameters, the first to describe the value of the cosmological constant Λ of the bulk and the other to describe the tensions within the brane. In **RS1** the fifth dimension has a finite size (in the nuclear range), and extends in between two three dimensional branes. In one, the weakbrane, we find ourselves and all known interactions except the gravitational. The other, called the gravity brane, concentrates most of

the gravitational interaction. In Model **RS2** the bulk contains only one three-dimensional brane, and the fifth dimension (the fourth dimension of space) is of infinite extension.

Dr. Josep Manel Parra, University of Barcelona

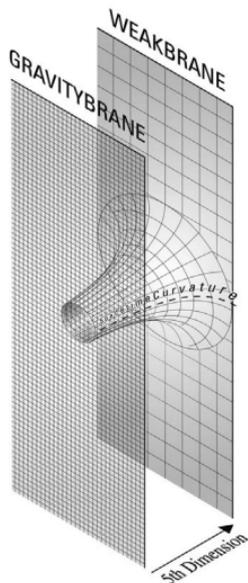


Figure 1. Sizes increase (and masses and energy decrease) as one moves from the Gravitybrane to the Weakbrane.
© ECCO Press of HarperCollins.

The following excerpt corresponds to the original presentation of the Randall-Sundrum model 1, published in 1999

RS1:

$$ds^2 = \frac{1}{k^2 y^2} (dy^2 + \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu)$$

where k is some constant and η has "-+++" metric signature. This space has boundaries at $y = 1/k$

and $y = 1/Wk$, $0 \leq \frac{1}{k} \leq \frac{1}{Wk}$ with where k is around the Planck scale and W is the warp factor and Wk is around a TeV. The boundary at $y = 1/k$ is called the Planck brane and the boundary at $y = 1/Wk$ is called the TeV brane. The particles of the standard model reside on the TeV brane. The distance between both branes is only $-\ln(W)/k$, though.

In another coordinate system,

$$\varphi \stackrel{\text{def}}{=} -\frac{\pi \ln(ky)}{\ln(W)},$$

so that

$$0 \leq \varphi \leq \pi$$

and

$$ds^2 = \left(\frac{\ln(W)}{\pi k}\right)^2 d\varphi^2 + e^{\frac{2\ln(W)\varphi}{\pi}} \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu.$$

**Interview with Lisa Randall and Hèctor Parra,
including illustrative sound excerpts from *Hypermusic Prologue***

CD 2

- | | | |
|----|---|-------|
| 1 | Lisa Randall on major questions concerning physical theories of the 20 th century. Possible developments and paths to follow | 3:09 |
| 2 | The models "Randall-Sundrum 1 and 2" presented by Lisa Randall: five dimensional theories of space-time. An attempt to solve the "hierarchy problem" | 11:02 |
| 3 | Lisa Randall on Stephen Hawking | 0:50 |
| 4 | Music and Physics – the first contacts between Lisa Randall and Hèctor Parra: initial steps towards <i>Hypermusic Prologue</i> | 6:50 |
| 5 | Working together | 4:34 |
| 6 | Developing new sounding material | 6:37 |
| 7 | Hèctor Parra talks about how this 5 th dimension would sound: live electronics and their progressive evolution over the course of <i>Hypermusic Prologue</i> | 11:25 |
| 8 | Impacts, influences and intentions | 9:24 |
| 9 | Working with the artist Matthew Ritchie | 3:55 |
| 10 | Future projects in the fields of physics and music | 2:21 |

TT: 60:07

Interview mit Lisa Randall (LR) und Hèctor Parra (HP) [Auszüge]

1. Lisa Randall über die großen physikalischen Theorien des 20. Jahrhunderts. Mögliche Entwicklungen und sich eröffnende Wege

LR: [...] Die Stringtheorie eröffnet uns die Möglichkeit zusätzlicher Dimensionen, die im Raum existieren. Wir stellen uns also die Frage, ob es nicht noch andere Dimensionen dort draußen geben könnte? Und ob sie Einfluss auf unsere Welt haben könnten? [...]

2. Lisa Randall über die Modelle "Randall-Sundrum 1 und 2": fünf-dimensionale Theorien der Raum-Zeit. Versuch einer Lösung des „Hierarchie-Problems“

LR: Sundrum und ich fanden heraus, dass die Raum-Zeit gekrümmt oder verzerrt sein könnte – das hat uns Einstein ja gelehrt: mit Energie lässt sich der Raum krümmen – und, dass der Raum auf eine sehr bestimmte Art gekrümmt sein könnte. Dies würde eine unendliche Anzahl an Dimensionen im Raum erlauben und die Möglichkeit sich in unendlich viele Richtungen zu bewegen. Unendliche Richtungen, die wir nicht sehen können. Jedoch wäre es nicht möglich, dies zu beobachten, da die Raum-Zeit selbst so deformiert ist. Im Laufe unserer Untersuchungen wurde uns klar, dass diese Art von Krümmung und Verformung eine Erklärung für die Abhängigkeit der Masse eines Partikels vom jeweiligen Standort im Raum wäre. [...]

Wir wollten verstehen, warum die Gravitationskraft um so vieles schwächer als die anderen Kräfte ist.

[...] Die uns bekannten drei Dimensionen sind nicht alles. Es könnte andere Richtungen geben. Richtungen abseits von links, rechts, vorwärts, rückwärts, nach oben und nach unten. Wirklich neue Richtungen, die wir einfach nicht auf direktem Weg wahrnehmen können. [...]

[...] Der Begriff „Brane“ kommt von Membrane. Er steht für eine Oberfläche im höher-dimensionalen Raum. Nicht alles kann sich in zusätzlichen Dimensionen bewegen, manches ist an weniger-dimensionale Oberflächen gebunden. [...] Die Idee von Sundrum und mir war, dass es eine zusätzliche Dimension geben könnte, die von Branen begrenzt wird. Also die Möglichkeit zweier dreidimensionaler Räume, die einen vierdimensionalen Raum, also eine fünfdimensionale Raum-Zeit umgeben. Anhand der Gleichung (siehe Libretto S. 16) fanden wir heraus, dass es eine große flache Brane gibt, die unser Universum sein könnte. Also ein großer Raum mit drei unendlich flachen, räumlichen Dimensionen. Die Raum-Zeit selbst ist unglaublich verzerrt, sie wird gekrümmt. [...] Das bedeutet, dass die zu erwartende Masse und die zu erwartenden Distanzen davon abhängen, wo man sich im Raum befindet. Man könnte sagen, dass sich die Raum-Zeit selbst ausdehnt und zusammenzieht. Darauf bezieht sich auch unsere Oper. [...]

[...] Es stellt sich also heraus, dass auch die Interaktion dieses Graviton¹ davon abhängt, wo man sich in der zusätzlichen Dimension befindet. An manchen Orten ist die Gravitation also wirklich stark. Aber überall anders ist sie sehr schwach und nimmt rapide ab, je weiter man sich entfernt. Es ist also nicht überraschend, dass wir die Gravitation wahrnehmen können, solange wir nicht an dem Ort ihrer größten Intensität sind. Wir nehmen also an, dass die Gravitation eine schwache Kraft ist. Und innerhalb der Geometrie, die wir entdeckt haben, ist sie das auch.

3. Lisa Randall über Stephen Hawking

[...]

4. Musik und Physik – die ersten Kontakte zwischen Lisa Randall und Hèctor Parra: erste Schritte Richtung „*Hypermusic Prologue*“

LR: Als ich das Mail von Hèctor bekommen habe, dachte ich, dass das ein fantastisches Projekt wäre. Es ging mir dabei weniger darum, meine Theorie zu bewerben. Vielmehr gefiel mir die neue Herangehensweise, physikalische Inhalte zu transportieren. [...]

HP: Nachdem ich Lisas *Warped Passages* zum ersten Mal gelesen hatte, faszinierten mich die strukturellen Parallelen zwischen den Klängen innerhalb der dramatischen Aktion einer Oper und der physikalischen Welt. Mir schwebte ein neuer Blick auf die uns umgebende Welt vor, die beim Publikum zu einer neuen Art von Emotion,

einem neuen Zugang zur Realität führen könnte. [...] Die Katharsis würde dabei mehr durch die Psychoakustik als durch die dramatische Struktur entstehen. [...]

LR: [...] Ein Erforschen des Raumes, aber gleichzeitig könnte der Raum auch den Blick nach außen, die Suche nach neuen Ideen repräsentieren. [...]

5. Die Zusammenarbeit

HP: Wir einigten uns von Beginn an darauf, dass wir die Oper gemeinsam als Ganzes strukturieren würden. Also nicht vorher den Text zu schreiben und danach die Musik diesem Text anzupassen. Unsere Idee war vielmehr, die gesamte Oper als klingende und dramatische Struktur zu sehen, die durch die verschiedenen kreativen Prozesse der Künstler und Wissenschaftler inspiriert wird.

LR: Ich glaube, dass die Möglichkeit Parallelen zu den derzeitigen physikalischen Theorien herzustellen, für seine Musik essentiell war. Für mich war es sehr wichtig eine Geschichte zu erzählen. Zwei Personen, die sich trennen, wieder zusammenkommen, und daraufhin die Dinge aus anderen Perspektiven sehen.

6. Die Entwicklung von neuem musikalischem Material und musikalischen Strukturen

HP: Für mich war es sehr spannend, neues musikalisches Material zu produzieren; mein eigenes Schreiben entlang dieser strukturellen Parallelen zu den physikalischen Konzepten (“Vereinigung

¹ Ein Teilchen, das die Gravitation überträgt.

der Kräfte“, „veränderliche Masse“ in Abhängigkeit der Position innerhalb eines gekrümmten Raumes) zu entwickeln und den richtigen Weg zu finden, dieses körperliche Erleben dieses physikalischen Prozesses erfahrbar zu machen. So war eine meiner wichtigsten Erfahrungen während der Arbeit an dieser Oper, die Umsetzung aller zur Zeit existierenden Klangmöglichkeiten zu realisieren (Live-Elektronik, Komponieren mit Instrumenten und Stimme, ...). Parallel dazu gab mir der Austausch von Wissen und Erfahrung mit Lisa, die Möglichkeit, die komplexesten Zusammenhänge unserer physikalischen Realität zu erklären.

Es war wichtig den künstlerischen Prozess zu einer „gemeinsamen Erfahrung“ zu machen, dabei haben wir versucht unsere Welten, Erfahrungen und individuellen, also naturwissenschaftlichen und künstlerischen Herangehensweisen, also die innersten Elemente unserer Disziplinen zu verbinden.

7. Hèctor Parra spricht über den möglichen Klang einer fünften Dimension: Live-Electronics und ihre fortschreitende Entwicklung innerhalb von *Hypermusic Prologue*

HP: Gemeinsam mit Lisa haben wir uns von Beginn an darauf verständigt, dass die Live-Elektronik der Oper für die fünfte Dimension der physikalischen Welt stehen: gekrümmte Elemente einer natürlicheren akustischen Welt – verschiedene Arten des Singens oder traditionelle, instrumentale Spielmöglichkeiten.

Die Krümmung der Realität in den Modellen von

Lisa war für die Entwicklung meiner Musik sehr interessant. Alle Parameter der menschlichen Wahrnehmung werden dabei gekrümmt, so lässt sich auch die Musik parallel dazu krümmen! Die musikalische Energie besitzt dabei für mich die projektive Kraft, eine ästhetische Erschütterung im Publikum zu verursachen. [...] In *Hypermusic Prologue* findet sich eine Synthese zwischen den Spektren der Stimmen und den Spektren der Instrumente. So sprechen die Instrumente quasi an jenen Stellen, an denen wir die Stimmen nicht mehr hören können. Eine Art Projektion des stimmlichen Schattens über den instrumentalen Klang. [...] Wir verorten jeden Klang so im physikalischen Raum des Konzertsaals, dass das Publikum sich aus unserer weniger-dimensionalen Welt in einen höher-dimensionalen Raum versetzt empfindet. Und das - denke ich - provoziert eine neue Art von Katharsis und neue Empfindungen.

8. Einflüsse, Auswirkungen und Intentionen

HP: Das Publikum soll diese Modelle „erleben“ und muss dafür nicht zwangsläufig verstehen, wie sie mathematisch funktionieren. [...]

Für mich ist es einer der tragischsten Aspekte des menschlichen Sein, dass wir in der Lage sind diese unvorstellbaren zeitlichen Prozesse im Universum, diese unvorstellbare Größe und die physikalischen Entwicklungen des ganzen Universums zu verstehen, aber gleichzeitig körperlich so begrenzt sind...! Und unsere Lebenszeit ist so limitiert, verglichen mit diesen unvorstellbaren Strukturen, die wir verstehen können...

Wir sind nicht in der Lage, uns körperlich in diese Vorstellungen der Natur und des Universums zu projizieren.

LR: Ein weiterer wichtiger Aspekt für mich war es, diese Parallelen zwischen den Motiven eines Komponisten und eines Physikers zu zeigen. Die Motive eines jeden, der kreativ tätig ist. Die Grenzen unserer Welt, unserer Erfahrung zu erkennen.

HP: Für uns Musiker existiert bereits eine andere Dimension. Die musikalische Dimension. Wir waren uns einig, dass wir an die Partitur mit musikalischen Kriterien herantreten. Wir wollten so weit wie möglich direkte Anleihen vermeiden. Betrachtet man zum Beispiel einen physikalisch gekrümmter Raum auf musikalischer Ebene als einen gekrümmter Klangraum so stellen sich Fragen nach der Projektion des Klangs in den physikalischen Raum, Transformationen der Stimme, Wahrnehmung der musikalischen Zeit... [...]

Es war eine Herausforderung, einen völlig neuen Weg zu gehen, neue Strukturen in Bild und Klang zu entwickeln, die für das Publikum neue Erfahrungen erlebbar machen. Natürlich befinden sich Musik und Bild in derselben Welt, aber es gibt verschiedene Aspekte dieser Welt. [...]

Das Libretto ist hierbei Ausgangspunkt unseres Aufbruchs. Es präsentiert die Idee in der direktesten und einfachsten Form, es ist selbst die Idee. Und der Klang und die Kunst entwickeln verschiedene Aspekte dieser Idee.

9. Die Zusammenarbeit mit Matthew Ritchie [...]

10. Zukünftige Projekte in Physik und Musik

LR: Wir arbeiten an verschiedenen Theorien der Dunklen Materie und denken auch über andere Möglichkeiten nach. Jetzt gerade sind wir gespannt auf die Auswertung von Daten im CERN² zu unseren Theorien.

HP: [...] einen dramatischen Raum zu schaffen, an dem der Öffentlichkeit die Möglichkeit gegeben wird, ihre eigene Erfahrung einer höherdimensionalen physikalischen Welt zu erleben. Ich würde sehr gerne daran arbeiten, ob es möglich ist, jeder Person die Erforschung einer solchen Welt zu ermöglichen.

² CERN – die Europäische Organisation für Kernforschung (die Abkürzung CERN leitet sich vom früheren franz. Namen Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire ab), ist eine Großforschungseinrichtung in der Nähe von Genf in der Schweiz. Mit den Teilchenbeschleunigern des CERN wird die Zusammensetzung der Materie erforscht, indem Teilchen fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und zur Kollision gebracht werden. Mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Teilchendetektoren werden dann die Flugbahnen der in den Kollisionen entstehenden Teilchen rekonstruiert. Daraus lassen sich die Eigenschaften der kollidierten und neu entstandenen Teilchen bestimmen.

Excerpts of an interview with Lisa Randall and Hèctor Parra

1. Lisa Randall on major questions about physical theories of the 20th century. Possible developments and paths to follow

LR: [...] String-theory tells us that maybe there are additional dimensions of space that exists. So we're let to think about could there be more dimensions out there? And could they have implications for our world? [...]

2.The models “Randall-Sundrum 1 and 2” presented by Lisa Randall: five dimensional theories of space-time. Trying to solve the “hierarchy problem”

LR: [...] What Sundrum and I found is that if space-time is curved or warped -that's what Einstein taught us: if you have energy you can curve space-, and we found a particular way that space could be curved. So that you can even have an infinite dimension of space you can go off in an infinite direction, an infinite distance in one direction we don't see. But you still wouldn't observe it because space-time itself is so distorted. And what we found was that the same type of curving and warping could tell us that the mass of a particle you see depends on where you are in space. [...]

We really want to understand why gravity is so much weaker than all the other forces.

The three dimensions we see is not everything that is, there could be other directions, direc-

tions going other than going left, right, forward, backward, up down. Really new directions which we just don't experience directly. [...]

The word brane came from membrane. It's a surface in a higherdimensional space. It says that not everything goes out into the extradimensional space, stuff can be just stuck to a lower dimensional surface. [...] The idea that Sundrum and I had was that there could be an extra dimension that actually is bounded by these branes, that is to say there are two three-dimensional spaces and space in between that has four dimensions of space, five dimensions of space time. What we found when we just saw the equations (see Libretto p. 41) we had a large flat brane that is to say something that could be our universe a big space with three infinite flat spatial dimensions. And what we found is that space-time is incredibly warped, it gets curved. [...] What that means is that what masses you would be expect to find depend to where you are in space. What distances you expect to find depends on where you are in space it's space-time itself is kind of expanse or strings in fact in the way we talk about in the opera.

And what you find is that the interaction of that graviton¹ again depends on where you are in extra-dimension. So in some places gravity is really strong but everywhere else gravity is really weak and it decreases very fast as you go away. So it's not surprising that we see weak gravity as long as we're not in the one place it's really strong. We expect gravity as weak force and that is what we

¹ The particle that communicates the force of gravity.

found in the geometry we discovered. [...]

3. Lisa Randall on Stephen Hawking

[...]

4. Music and Physics – the first contacts between Lisa Randall and Hèctor Parra: initial steps towards “Hypermusic Prologue”

LR: When I got Hector's email I thought this is a fantastic idea. And it wasn't so much about promoting my theory but what I liked is that it is a different way of telling stories about physics. [...] We wanted to express something about what sort of drives creativity, what drives a project forward what drives ideas. [...]

HP: What I really projected in my mind during the first reading of the book was that these structures between the sounds in the world of the dramatic activity of the opera and physical models - an exploration of reality - would potentially provoke to the public a new kind of emotion, a new kind of approaching the reality (of the concert hall, al less!) [...] The catharsis would be provoked more by the psychoacoustic than the dramatic. [...]

LR: You could explore the space but also that the space could represent just sort of looking out into the world and looking for new ideas.

5. Working together

HP: We agreed from the first moment that we had to structure the opera together, and as a whole. Not to produce first the text and then structure music according to the text. Our idea was to structure together the whole opera as a sounding and dramatical structure inspired by the creative process that takes place at the minds of the artists and scientists. [...]

LR: I think it was important for his music that he had the opportunity to parallel a lot of kind of that physical theories that were happening. For me it was really important to have a story, to have two people that would separate and come together and see things differently.

6. Developing new sounding materials and musical structures

HP: For me it was absolutely exciting to produce new musical materials, to develop my own writing across the structuring of these inner profound parallelisms with physical concepts of “unifying forces”, “changing masses” depending on the position in a such warped space, and finding the right way to produce the emotion of really experiencing such physical process on our bodies. So in some way, the main experience of this opera has been for me to have the possibility to realize a complete exploration of the sound possibilities we have today (electronics, instrumental writing..) across the knowledge and experiences of a scientist, and more particularly,

on how Lisa can explore and explain the most intricate interstices of our physical reality. It has been important to make the artistic process a “common experience”, and try to relate our worlds and our experience and our individual aesthetic approach to the inner elements of our discipline.

7. Hèctor Parra talks about how this 5th dimension would sound: the live-electronics and their progressive evolution along *Hypermusic prologue*

HP: With Lisa we agreed from the first moment that the electronics in this opera would act as the fifth dimension in the physical world: warping elements of a more standard or more natural sonic world -classical ways of singing or traditional ways of playing instruments. I found very interesting for my music how in Lisa's models the reality is warped. All the parameters we can experience as human beings are warped! So the music itself can be warped in a parallel way! Like the energy, that for me, in musical terms, is the projective strength of the sound and the capacity to create aesthetic shock to the public. [...] In *Hypermusic Prologue* we have cross-synthesis between the spectrum of the voices and the spectrum of the instruments in such a way that the instruments speak across the voice we cannot listen to. So it's a sort of projection of the vocal shapes across the instrumental sounds. [...] We give each sound a place on the physical space of the concert hall in such a way that the public feels something like to be inside

a higher dimensional space deployed in our less dimensional world. And this, I think, provokes a different kind of catharsis, a different kind of emotion!

8. Influences, Impacts and Intentions

HP: The public is aimed to experience these models but not to really understand how they mathematically work. [...]

For me, one of the most tragic aspects of the human being in the actual moment is that we are able to understand such immense temporal processes in the universe, such immense scales of development of the complete universe, but we are so limited physically...! And our temporal scale is so limited compared to these immense structures we're able to understand... We are not able to project ourselves physically inside these models we do of nature and universe.

LR: For me the other important aspect was just to show the parallels what drives a composer, what drives a physicist, what drives anyone who's creative. To recognize the limitations of our world to recognize the limitations of our experience.

HP: For us, the musicians, there is another reality, which is the musical dimension. We agreed that we should work with music in musical terms (avoiding as much as possible the linear mappings). For example a warped space in physics works musically as a warped sounding space in terms of how the sound is projected in the physical space, how the voice is transformed, how we

perceive the musical time... [...]

It was interesting to develop a completely different path, different structures in image and in sound that creates to the public a sensation that it is living in the same time. I mean, music and image have to be the same world but there are different aspects of this world. [...]

The libretto is the basis as a point of departure. It presents the idea in the most direct and simple form, it is by itself the idea. And then sound and art develop different aspects of this idea.

9. Working with the artist Matthew Ritchie

[...]

10. Future projects in Physics and Music

LR: We're working on alternative theories of dark matter and we think about other possibilities. But right now we're very excited to see some marching of data at CERN² to the theories we were working on.

HP: [...] to create a dramatic space where the public could live its own experience of a totally higher dimensional physical world. I really would like to explore the possibility that each person, each individuality can explore such worlds by its own.



Lisa Randall/Hèctor Parra

² CERN – The Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (now called the Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire or, in English, the European Organization for Nuclear Research), a high-energy accelerator facility in Switzerland.

Hèctor Parra

Hèctor Parra, geboren in Barcelona 1976, studierte am Konservatorium in Barcelona, wo er Auszeichnungen in Komposition, Klavier und Harmonielehre erhielt. Er studierte Komposition unter David Padros, Brian Ferneyhough, Jonathan Harvey und Michael Jarrell am Konservatorium in Genf. Kompositionsstudium an der Universität Paris VIII sowie Kurse am IRCAM und am CNSMD Lyon.

Aufführungen unter anderem vom Ensemble intercontemporain, Klangforum Wien, Arditti Quartet, ensemble recherche, musikFabrik, Philharmonisches Orchester Lüttich, Holland Symfonia, Orchestre National d'Île-de-France, KNM Berlin, Barcelona National Orchestra, Algoritmo Ensemble, Proxima Centauri.

Kompositionsaufträge vom IRCAM, dem spanischen Kulturministerium, der Regierung Kataloniens, Akademie der Künste in Berlin, Ensemble intercontemporain, Klangforum Wien/Impuls, ADK-Berlin, Strasbourg Festival, CDMC (Madrid), l'Orchestre National d'Île-de-France, IVM (Valencia), Musicadhoy (X. Güell), Schauspielhaus Salzburg, Caja Madrid und der Selmer Society (Paris).

Aufführungen bei wichtigen internationalen Festivals wie Luzern, ARCANA, Avignon, Agora (IRCAM), Witten, Royaumont, Centre Acanthes, Forum Neues Musiktheater der Stuttgarter Staatsoper, Maison de la Danse de Lyon, ADK

Berlin, Quincena Musical de San Sebastián, "Nous Sons" Barcelona, Traiettorie (Parma), Wiener Konzerthaus, Muziekgebouw (Amsterdam), Philharmonie Luxemburg.

2007 erhielt Hèctor Parra den Earplay Donald Aird Memorial International Composition Prize von San Francisco. 2005 wurde er einstimmig mit dem Tremplin Prize des Ensemble intercontemporain ausgezeichnet und war Finalist beim internationalen Gaudeamus-Wettbewerb. 2002

gewann er den INAEM-Preis für Komposition. Hèctor Parra ist Professor für Elektroakustische Komposition am Konservatorium in Saragossa und Gastprofessor am Konservatorium der Oper in Barcelona. Weiters ist er forschend am IRCAM tätig.



Hèctor Parra, born in Barcelona 1976, studied at the Conservatorium of Music in Barcelona, where he was awarded prizes with distinction in composition, piano and harmony. He studied composition under David Padros, Brian Ferneyhough and Jonathan Harvey as well as Michael Jarrell at the Conservatorium of Music in Geneva. Master in Composition awarded by the University of Paris VIII, annual course in Composition at IRCAM and post-graduate courses at the CNSMD Lyon. Premieres of his works have been performed by the Ensemble intercontemporain, the Klangforum Wien, the Arditti Quartet, ensemble recherche, musikFabrik, the Philharmonic Orchestra of Liège, Holland Symfonia, National Orchestra d'Ile-de-France, KNM Berlin, Ensemble Alternance, Algoritmo Ensemble and Proxima Centauri. Commissions from the Republic of France, the IRCAM-Centre Pompidou (on five occasions), the Spanish Ministry of Culture, the Government of Catalonia and institutions such as the Berlin Academy of Arts, WDR, Ensemble intercontemporain, Klangforum Wien/Impuls, ADK-Berlin, Strasbourg Festival, CDMC (Madrid), Na-

tional Orchestra d'Ile-de-France, IVM (Valencia), Musicadhoj / Schauspielhaus Salzburg, Caja Madrid and the Selmer Society (Paris). His works were also performed at the international festivals of Lucerne, ARCANA, Avignon, Agora-IRCAM, Stuttgart Opera House, Maison de la Danse de Lyon, Ultraschall Berlin, Quincena Musical de San Sebastián, Traiettorie (Parma), Muziekgebouw (Amsterdam), Konzerthaus Wien, Philharmonie Luxembourg... In 2007 he was awarded the Earplay Donald Aird Memorial International Composition Prize of San Francisco (USA). In 2005 he was unanimously awarded the Tremplin Prize given by the Ensemble intercontemporain and was finalist in the International Gaudeamus Competition. In 2002 he won the INAEM Prize for Musical Composition (The National Institute for Performing Arts and Music of Spain). His works are published by Tritó (Barcelona). Currently, he is Professor of Electroacoustic Composition at the Zaragoza University of Music, visiting professor at the College of Music of the Barcelona Opera House (El Liceu) and resident composer at IRCAM in Paris.

www.ffn.ub.es/jmparra/hector

Lisa Randall

Seit 2001 ist Lisa Randall Professorin für Physik an der Harvard University, an der sie 1987 ihr Doktorat abgeschlossen hatte. Sie unterrichtete auch am MIT in Cambridge, USA, (1998 – 2001) und an der Princeton University und forscht auf dem Gebiet der Teilchenphysik und Kosmologie (beeinflusst von der Stringtheorie). Ihre Forschungstätigkeit veranlasste sie zu einer eingehenden Beschäftigung mit der Supersymmetrie und in jüngerer Zeit mit den Extra-Dimensionen des Raums. Sie ist Autorin zahlreicher Artikel und beteiligt sich an verschiedenen Radio- und Fernsehsendungen. Die New York Times wählte ihr Buch *Warped Passages: Unravelling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions* zu einem der hundert besten Bücher des Jahres 2005. 2006 erhielt sie den Klopsteg Award der AAPT (American Association of Physics Teachers) und im darauffolgenden Jahr den Julius Lilienfeld Preis der American Physical Society. Sie ist Mitglied der National Academy of Sciences, der American Academy of Arts and Sciences und der American Physical Society.



Since 2001, Lisa Randall has been a professor of physics at Harvard University, where she had completed her doctorate in 1987. She has also taught at the Massachusetts Institute of Technology (1998–2001) and at Princeton University, and she researches in the fields of particle physics

and cosmology (giving special emphasis to string theory). Her research activities have caused her to devote great attention to supersymmetry and, most recently, to the extra dimensions of space. She is the author of numerous articles and participates in various radio and television programmes. The New York Times selected her book *Warped Passages: Unravelling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions* as one of the hundred best books of 2005. In 2006, she received

the Klopsteg Award of the AAPT (American Association of Physics Teachers), and in the following year she was awarded the Julius Edgar Lilienfeld Prize of the American Physical Society. She is a member of the National Academy of Sciences, the American Academy of Arts and Sciences and the American Physical Society.

Matthew Ritchie

1964 in London geboren. 1995 Beginn seiner Künstlerkarriere in New York. Seine Malerei, Wandzeichnungen, Lichtkästen, Skulpturen und Videoprojektionen erforschen den Begriff der Information anhand von Wissenschaft, Architektur, Mythologie und mittelalterlicher Alchemie und beschäftigen sich auch mit der Politik von heute, der Wirtschaftstheorie und der kulturellen Dynamik. Seine Installationen schaffen eine Synthese zwischen narrativer Form und unserem Verständnis vom Universum. Seine Werke werden weltweit ausgestellt (insbesondere bei den Biennalen von Whitney, São Paulo und Sydney) und sind in New York in den Sammlungen des Museum of Modern Art, des Guggenheim Museums und des Whitney Museums sowie weltweit in zahlreichen Institutionen zu finden (insbesondere eine permanente Installation im MIT in Cambridge, USA). 2008 Zusammenarbeit von Matthew Ritchie mit Aranda/Lasch architecture (New York) für das Projekt „Morning Line“ in London.



Matthew Ritchie was born in London in 1964. The year 1995 marked the beginning of his artistic career in New York. His paintings, wall drawings, light boxes, sculptures and video projections examine the concept of information in light of science, architecture, mythology and medieval alchemy, and also deal with present-day politics, economic theory and cultural dynamics. His installations create a synthesis between narrative form and our understanding of the universe. His works are exhibited worldwide (most notably at the biennials of Whitney, São Paulo and Sydney), and can also be found in New York in the collections of the Museum of Modern Art, the Guggenheim Museum and the Whitney Museum, as well as elsewhere around the world in numerous institutions (prominent among these is a permanent installation at MIT in Cambridge, Massachusetts). In 2008, Ritchie collaborated with Aranda/Lasch architecture (New York) for the *Morning Line* project in London.

Charlotte Ellett

Charlotte Ellett studierte Gesang am Royal Northern College of Music und am National Opera Studio in England. Sie debütierte in der Rolle der Frasquita in Bizets *Carmen* beim Glyndebourne Festival. Sie tritt vorwiegend in Opern (*Albert Herring* von Britten, *Die Zauberflöte*, *Don Giovanni* und *Così fan tutte* von Mozart und *La Bohème* von Puccini) sowie bei Oratorien und als Konzertsängerin auf. Zu ihrem Repertoire gehört auch die *Matthäuspassion* von Bach, das *Gloria* von Poulenc und das *Stabat Mater* von Rossini. Für das Label Naxos spielte sie *Das klagende Lied* von Mahler unter der Leitung von Kent Nagano und die *Zweite Sinfonie* von Rawsthorne ein, für das Label Chandos *Jenufa* von Janáček unter der Leitung von Charles Mackerras. In jüngerer Zeit sang sie *Il ritorno d'Ulisse in patria* von Hans Werner Henze, *Blaubart* von Offenbach beim Festival von Buxton, *A Chair in Love* von John Metcalf in Montreal und *Country Matters* mit der English Touring Opera. Charlotte Ellett ist assoziierte Künstlerin der Welsh National Opera und auch Tänzerin.



Charlotte Ellett studied voice at the Royal Northern College of Music and at the National Opera Studio in England. She made her debut in the role of Frasquita in Bizet's *Carmen* at the Glyndebourne Festival. She appears mostly in operas (*Albert Herring* by Britten, *Die Zauberflöte*, *Don Giovanni* and *Così fan tutte* by Mozart and *La Bohème* by Puccini) as well as in oratorios and as a concert singer. Her repertoire also includes the *St. Matthew Passion* by Bach, Poulenc's *Gloria* and the Rossini *Stabat Mater*. For the Naxos label, she recorded *Das klagende Lied* by Mahler under the direction of Kent Nagano and the *Second Symphony* by Rawsthorne, and for Chandos she recorded Janáček's *Jenufa* under Charles Mackerras. More recently, she has sung in Hans Werner Henze's adaptation of *Il ritorno d'Ulisse in patria*, in *Blaubart* by Offenbach at the Buxton Festival, *A Chair in Love* by John Metcalf in Montreal and *Country Matters* with the English Touring Opera. Charlotte Ellett is an associated artist with the Welsh National Opera, and she also works as a dancer.

James Bobby

In Oxford geboren, studierte James Bobby Musik an der Universität von Cambridge und Gesang bei Thomas Hemsley an der Londoner Guildhall School. Er war Mitglied der Jeunes Voix du Rhin der Opéra national du Rhin in Straßburg.

2001 sang er *Turandot* von Puccini am Royal Opera House in Covent Garden, 2003 *La Traviata* von Verdi an der Opéra national du Rhin, 2005 *Angels in America* von Peter Eötvös an der Hamburgischen Staatsoper und 2006 *Madame Butterfly* von Puccini in Innsbruck. 2003 wurde er Finalist beim Internationalen Gesangswettbewerb in Genf. Seit 2006 arbeitet James Bobby am Oldenburgischen Staatstheater, er interpretiert vor allem Werke von Adams, Kagel, Eötvös, Bernstein, Schostakowitsch, Rachmaninow, Ravel und Frank Martin. Ab August 2009 Engagement an der Deutschen Oper am Rhein in Düsseldorf-Duisburg. Auftritte beim Festival MUSICA in Straßburg 2005 (*Sometime Voices* von George Benjamin mit dem Radio-Sinfonieorchester Stuttgart des SWR unter der Leitung von Heinz Holliger) und 2006 (*Wölfli-Lieder* von Wolfgang Rihm und Uraufführung der *Liebeslieder* von Robert HP Platz mit dem Orchestre du Luxembourg unter der Leitung des Komponisten).



Oxford-born James Bobby studied music at Cambridge University and voice with Thomas Hemsley at the Guildhall School in London. He was a member of the "Jeunes Voix du Rhin" program of Strasbourg's Opéra national du Rhin. He sang in Puccini's *Turandot* at the Royal Opera House in Covent Garden in 2001, in Verdi's *La Traviata* at the Opéra national du Rhin in 2003, in *Angels in America* by Peter Eötvös at the Hamburg State Opera in 2005, and in Puccini's *Madama Butterfly* in Innsbruck in 2006. In 2003, he made it to the finals of the Geneva International Music Competition. Since 2006, Bobby has been working at the Oldenburg State Theatre; he performs above all works by Adams, Kagel, Eötvös, Bernstein, Shostakovich, Rachmaninoff,

Ravel and Frank Martin. In August 2009 he began working at the Deutsche Oper am Rhein in Düsseldorf and Duisburg. He has appeared at Strasbourg's MUSICA festival in 2005 (*Sometime Voices* by George Benjamin with the Stuttgart Radio Symphony Orchestra of the SWR conducted by Heinz Holliger) and in 2006 (the *Wölfli-Lieder* by Wolfgang Rihm and the world première of the *Liebeslieder* by Robert HP Platz with the Luxembourg Philharmonic Orchestra, conducted by the composer).

Thomas Goepfer

Thomas Goepfer studierte Querflöte bei Philippe Bernold am Conservatoire national supérieur musique et danse de Lyon. 2004 Studienabschluss „Mention très bien“. Parallel Ausbildung für Angewandte Forschung in Elektroakustik und Musikinformatik. Ab 2005 Mitarbeit am IRCAM als Klangregisseur und Zusammenarbeit mit Komponisten für Werke mit elektronischer Musik wie *Tentatives de réalité* von Hèctor Parra, 2007, oder *Com que voz* von Stefano Gervasoni mit Cristina Branco (Uraufführung in Porto, 2008).

Thomas Goepfer studied flute with Philippe Bernold at the Conservatoire national supérieur musique et danse in Lyon. He completed his studies with honours in 2004. At the same time, he trained in electroacoustics and computer music. Beginning in 2005, he worked at IRCAM as a computer music designer, as well as together with composers for works including electronic music such as *Tentatives de réalité* by Hèctor Parra (2007) and *Com que voz* by Stefano Gervasoni with Cristina Branco (premiered in Porto, 2008).

IRCAM

Das IRCAM zählt zu den weltweit größten unabhängigen Forschungsinstituten; es widmet sich zeitgenössischer Musikproduktion und wissenschaftlicher Forschung.

Das Institut, das sich durch sein einmaliges Zusammenwirken der musikalischen Avantgarde mit wissenschaftlicher und technologischer Innovation als einzigartig ausweist, wird seit 2006 von Frank Madlener geleitet. Mehr als 150 Mitarbeiter wirken an den drei Hauptaktivitäten des IRCAM mit – künstlerische Produktion, Forschung und Bildung –, die sich sowohl in einer Konzertsaison und einem jährlichen Kursprogramm, im Festival AGORA, als auch in nationalen und internationalen Tourneen entfalten. Seitdem es von Pierre Boulez ins Leben gerufen wurde, ist das IRCAM eine eigenständige Abteilung des Centre Pompidou und steht unter der Schirmherrschaft des französischen Kulturministeriums.

IRCAM, the Institute for Research and Coordination Acoustic/Music, is one of the world's largest public research center dedicated to both musical expression and scientific research. IRCAM is a unique location where artistic sensibilities collide with scientific and technological innovation. Frank Madlener has directed the institute since 2006. IRCAM's three principal activities — creation, research, transmission — are manifest in IRCAM's Parisian concert season, in the institute's annual festival, AGORA, and in productions throughout France and abroad. IRCAM was founded by Pierre Boulez under the aegis of the Centre Pompidou and the French Ministry of Culture.

www.ircam.fr



Ensemble intercontemporain

Das 1976 von Pierre Boulez mit Unterstützung des damaligen Staatssekretärs für Kultur, Michel Guy, gegründete Ensemble intercontemporain besteht aus 31 Solisten, die die Liebe zur zeitgenössischen Musik (20. Jh. bis heute) vereint. Als Kernformation gebildet, beteiligen sie sich an den in der Satzung des Ensembles festgeschriebenen Aufgaben der Verbreitung, Übertragung

und Schöpfung.

Unter der musikalischen Leitung von Susanna Mälkki arbeiten sie an Seite der Komponisten an der Erforschung der instrumentalen Techniken und an Projekten, die Musik mit Tanz, Theater, Film, Video und bildende Kunst verbinden.

Das Ensemble erteilt jedes Jahr Aufträge und führt neue Werke auf, die sein Repertoire berei-

chern und sich an die Meisterwerke des 20. Jh. anreihen.

Die musikalischen Schauspiele für junge Leute, die Weiterbildungskurse für junge Instrumentalisten, Dirigenten und Komponisten sowie die zahlreichen Aktionen zur Sensibilisierung des Publikums zeugen vom tiefen und international anerkannten Engagement des Ensembles in der Förderung der zeitgenössischen Musik und der musikalischen Bildung.

Seit 1995 hat das Ensemble die Cité de la Musique (Paris) als ständigen Sitz bezogen. Es produziert sich sowohl in Frankreich wie im Ausland, wo es auf großen internationalen Festivals gastiert, und nimmt regelmässig CDs auf.

Das vom Ministère de la Culture et de la Communication finanzierte Ensemble wird ebenfalls von der Ville de Paris unterstützt. 2010 wird das Ensemble intercontemporain für neue Werke von der Fondation d'entreprise Hermès gefördert.

In 1976, Pierre Boulez founded the Ensemble intercontemporain with the support of Michel Guy (who was Minister of Culture at the time) and the collaboration and Nicholas Snowman.

The Ensemble's 31 soloists share a passion for 20th-21st century music. They are employed on permanent contract, enabling them to fulfill the major aims of the Ensemble: performance, creation and education for young musicians and the general public.

Under the artistic direction of Susanna Mälkki, the musicians work in close collaboration with composers, exploring instrumental techniques

and developing projects that interweave music, dance, theater, film, video and visual arts.

New pieces are commissioned and performed on a regular basis. These works enrich the Ensemble's repertory and add to the corpus of 20th century masterworks.

The Ensemble is renown for its strong emphasis on music education: concerts for kids, creative workshops for students, training programs for future performers, conductors, composers, etc. Based at the Cité de la Musique (Paris) since 1995, the Ensemble performs and records in France and abroad, taking part in major festivals worldwide.

The Ensemble is financed by the Ministry of Culture and Communication and receives additional support from the Paris City Council. In 2010, the Fondation d'entreprise Hermès supports the Ensemble intercontemporain in its new creations.

www.ensembleinter.com

Clement Power

Clement Power (geb. 1980) studierte an der Cambridge Universität und dem Royal Collage of Music, und schloss mit der höchsten Auszeichnung ab. Er komplettierte seine Studien an der internationalen Ensemble Modern Akademie. Kurt Masur wählte ihn daraufhin zum Nachwuchsdirigenten des London Philharmonic Orchestras 2005-06. Anschließend war er Assistent des Chefdirigenten des Ensemble Modern in Paris.

Mit dem Ensemble intercontemporain war er gerade auf einer Mexiko-Tournee, dirigierte ein Konzert beim Festival de Vlaams-Brabant, sowie die UA von *Hypermusic Prologue* beim Festival Agora im IRCAM.

In der letzten Saison vertiefte Clement Power seine enge Verbindung zu dem London Philharmonic Orchestra. Er debütierte zudem mit dem BBC Scottish Symphony Orchestra, dem NHK Symphony Orchestra, Tokyo, dem Orchestre de Bretagne und der Londoner Philharmonie.

Clement Power (born 1980) studied at Cambridge University and the Royal College of Music, obtaining the highest prize. He completed his studies at the Internationale Ensemble Modern Akademie. He was



then selected by Kurt Masur to be the London Philharmonic Orchestra Junior Fellow in Conducting 2005-06. Subsequently he held the position of Assistant Conductor of Ensemble intercontemporain, Paris.

With the Ensemble intercontemporain he recently conducted a tour to Mexico, concert in Festival de Vlaams-Brabant, concerts in Festival Agora at IRCAM, and the creation of a new opera by Hèctor Parra.

In the past season, Clement has continued his close association with the London Philharmonic Orchestra. He also made his debut appearances with the BBC Scottish Symphony Orchestra, the NHK Symphony Orchestra, Tokyo, the Orchestre de Bretagne and the Philharmonia, London.

Sämtliche KünstlerInnen-Biographien unter:
All artist biographies at:

www.kairos-music.com

Deutsche Übersetzung: Monika Kallitzke, Joachim Unger
English translation: Christopher Roth

ELENA MENDOZA

Nebelsplitter

ensemble recherche
 Jürgen Ruck · G. Anzorena
 ensemble mosaik · Enno Poppe
 Konrad von Coelin
 Christoph Rabbels
 Duo 10 · Aperto Piano Quartet

0012882KAI**MAURICIO SOTELO**

Wall of Light -
 Music for Sean Scully

musikFabrik
 Stefan Asbury · Brad Luman

0012832KAI**HÉCTOR PARRA**

Knotted Fields · Impromptu
 Wortschatten
 L'Aube assaillie
 Ablme – Antigone IV
 String Trio

ensemble recherche

0012822KAI**JOSÉ M. SÁNCHEZ-VERDÚ**

Orchestral Works

Junge Deutsche Philharmonie
 Banchetto musicale
 Orchestre de la
 Suisse Romande
 Orquesta Nacional de España
 hr-Sinfonieorchester u.a.

0012782KAI**FRANCISCO LÓPEZ**

La Selva
 Belle Confusion 969
 Buildings [New York]
 Qual'at Abd'al-Salam/
 O Parladoiro Desamortuxado
 untitled

0012872KAI 5CD**ALBERTO POSADAS**

Liturgia fractal

Quatuor Diotima

0012932KAI**MICHAEL JARRELL**

Cassandra

Astrid Bas
 Susanna Mälkki
 Ensemble intercontemporain
 IRCAM

0012912KAI SIRÈNES**BRUNO MANTOVANI**

Le Sette Chiese
 Streets
 Eclair de Lune

Susanna Mälkki
 Ensemble intercontemporain
 IRCAM

0012722KAI SIRÈNES**PHILIPPE MANOURY**

Fragments pour un portrait
 Partita I

Christophe Desjardins
 Ensemble intercontemporain
 Susanna Mälkki
 IRCAM

0012922KAI SIRÈNES

CD-Digipac by
 Optimal media production GmbH
 D-17207 Röbel/Müritz
<http://www.optimal-online.de>

© & (P) 2010 KAIROS Music Production
www.kairos-music.com
kairos@kairos-music.com

KAIROS