Relative dissonance

by Marc Sabat
July, 2019

Over the past 26 years, most of my composing work has been dedicated to writing new instrumental music in which frequencies are related by ratios. Notes are tuned to each other exactly, forming an endlessly unfolding network called *extended Just Intonation*, rather than following commonly used systems of temperament (Ben Johnston 1987: "On the Performance Practice of Extended Just Intonation"). This way of working invites musicians to learn many unfamiliar but clearly distinguishable intervals. Players produce a variety of different intonations by precisely attending to sounds taking place on their own instrument and *between* instruments. This technique of playing demands concentrated collective listening akin to improvised and experimental music practices, while drawing on classical skills to produce beautifully shaped and sustained tonal sounds. As a genre of musical exploration JI also opens possible bridges to other finely intonated melodic music styles, like Renaissance counterpoint, Indian Dhrupad, Blues or Maqam.

My recent works include concert music and installations, pieces for larger ensembles and orchestra, for voices, as well as works with electronics or fixed media.[1] However, I keep coming back to writing for smaller settings of string instruments – solos, duos, trios, and, particularly, string *quartets*. Right now, while thinking about this article, I am also finishing a work for string quartet, electric guitar and computer made for Seth Josel and Quatuor Bozzini called *Inner voice*. Planned after that are a work for solo cello commissioned by the Los Angeles Philharmonic for Jay Campbell of the JACK Quartet and, coming up next year, an ensemble work for 14 strings.

The fascination I have with harmony grew directly out of playing violin and learning to produce double-stopped sonorities. It was sparked by listening to subtleties of sound, to differences of tonal shading – intonation, loudness, colour. Sensing relative gradations of consonance and dissonance captivates me. I like to identify microtonal variations, timbral and rhythmic qualities, to find ways of naming and remembering how I *perceive* musical intervals. I came to the realisation that if I was able to differentiate tuned intervals from the notes on a piano, from each other, so might other musicians. Gradually, I rediscovered JI experiments of early 20th century pioneers like Harry Partch, Kathleen Schlesinger and Elsie Hamilton, threads which led me back to Helmholtz, Ptolemy, Rameau, Zarlino, Vicentino and Rossi and forward to Pauline Oliveros, James Tenney, Ben Johnston and La Monte Young – each reading, hearing, playing branching to many others. I started to seek out music from around the world, practices new and old that explore tonal qualities of sounds.

My approach evolves from the perception and realisation of intervals, to finding and following melodies, chords, harmonies, and counterpoints that highlight the sound of intonation. When thinking about my own experiences of *harmonic sound,* to borrow a term used by my colleague Marcus Pal, I do not think of them as reflections of specific "natural" properties of outside phenomena (for example, *spectrum*). I rather see them as inner qualities of sound, emerging, becoming apparent in the perceiving mind, continually changing. In making pieces I try to access personal ways of sensing, evoking my physical interaction with sounds, creating empirical investigations taking the form of *music* written for voices and instruments. I am interested by provisional categories, lists and simple orderings, hints of association that just slip away along the way, revealing new layers. For me, the closer music remains to this most basic level of experience – time, flowing along –, the closer its possible contact to mind.

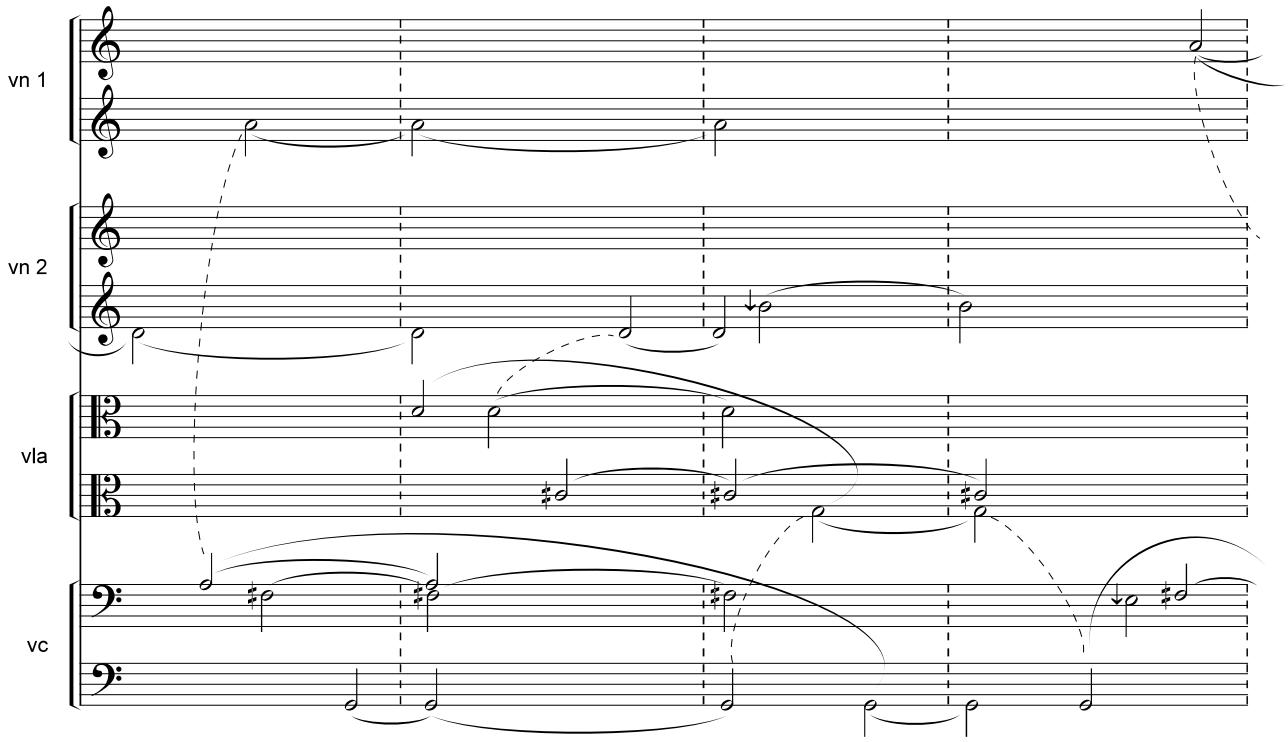
1. A worklist, pdf scores and links to recordings are available online at www.plainsound.org.

Beautiful city

My first published string quartet, *Beautiful city*, was written in 1994. Its companion work, the violin-viola duo *3 Chorales for Harry Partch*, was composed the previous year during a workshop in Vermont with composer-violinist Malcolm Goldstein. Both compositions are radically slowed down harmonic chorales, unfolded as phrases in which 11-limit intervals, building *otonalities* and *utonalities* as theorised by Partch, are sounded.[2]

An extreme scordatura is employed, with the violins tuned d–d'–a'–a', the viola tuned G–g–d'–d', and the cello one octave below the viola. The low and high outer strings of each instrument are lowered by a fourth and fifth respectively; notes fingered across the two lower strings are an octave apart; notes fingered across the two upper strings are in unison. Timbral and tuning variations of a single note played across the slack and normally tensed strings create a richly textured field ranging from grainy noise to pure tone, resembling a gradual stretching or opening of the sounding-in-time.

Each part moves through constellations of successive and overlaid pitches. The score specifies which are to be sounded at once across one, two, three or all four strings, by means of irregular arpeggiation, over-pressure, loosened bow hair, etc. Changes of timbre are freely explored by the players as they move through the chorale, following the written phrasing and intonation; dynamics are free.



Example 1: 11-limit otonal harmony in *Beautiful city* (1994). Each instrument is written on two staves, each of which represents two strings, distinguished by stem direction; stems down notes on lower stave sound one octave lower than written. System duration is ca. 2–3 minutes; notes enter following space notation and sustain until next dotted barline.

While living in Toronto during the 1990s, I came to know James Tenney and the repertoire of pieces and writings he had then recently completed: *Glissade, Bridge, KOAN for String Quartet, Changes* and *Critical Band.* I tried using a notation that approximates 11-limit intervals by dividing the tone into 12 parts,

2. Following the idea of harmonic dualism developed by various theorists including Rameau, Oettingen, and Riemann, Partch suggested an extension of major-minor triads to *hexads* based on a set of harmonic (*otonal*) or subharmonic (*utonal*) intervals between a fundamental (1°) and each of its subsequent odd partials (3°, 5°, 7°, 9°, and 11°).

indicated by single, double and triple arrows in addition to the usual signs. Using this system, I wrote the ensemble work *Quiet Winter* (1996) and made transcriptions of Harry Partch's *Seventeen Lyrics by Li Po* (1930–33). With the assistance of George Heinl and Co., Violin Makers in Toronto, I made a version of Partch's adapted viola by modifying the fingerboard and bridge of an instrument built in 1932 by self-taught American maker Giuseppe Vitale. Learning to play Partch's early compositions led me to find my way by ear through his "language of ratios", to associate proportions of frequencies reduced to small-number fractions with specific sound qualities.

Approximating JI in terms of 72ED2[3] helped me build a repertoire of familiar microtonal sounds, but I found its melodic restrictions increasingly problematic. Like any equal division, it rounds melodic intervals to multiples of some irrational unit, in this case 16.7 cents. Such systems have, to my mind, at once too many notes and too few. Their micro-divisions provide very specific, fixed pitches, but *tuneable* melodic intervals, those that come about by moving from consonance to consonance, often require finer differentiation. For example, the septimal comma 63:64, with size 27c, is rounded up to 33.3c, while the slightly smaller syntonic comma 80:81, with size 22c, is rounded down to 16.7c.[4] The septimal alteration is tempered to be twice as large as the syntonic, when in fact the difference between the two commas is small (about 5c). On the other hand, the large chromatic semitone 14:15 (119c) is subtly wider than the diatonic semitone 15:16 (112c) by about this same amount, 5c. In this case, however, both intervals are represented by the *same* 72ED2 pitches. Shadings of intonation are pixelated into a grid that classifies differences into categories without actually reflecting precisely what one is hearing.

In 1997, I came to Germany for a residency at Akademie Schloss Solitude, followed in 1999 by a move to Berlin where I still live and work today. Here I met Wolfgang von Schweinitz, and over the next few years we collaborated on devising a different kind of staff notation, a translation of exact ratios onto the five-line staff without tempered approximations. Most of my music since that time is expressed in the Extended Helmholtz-Ellis JI Pitch Notation (HEJI)[5]. I began identifying *tuneable intervals*, ratio-based consonances, which could be produced on a string instrument as double-stops and precisely tuned by ear. Moving between tuneable intervals enables finely differentiated melodic steps to be accurately played, and this technique has become the basis for my approach to composing microtonal counterpoint.

Cucumber Serenades

In 2009 I began working on a piece that led to a series of compositions called *Cucumber Serenades,* including my 2010 *String Quartet 2 (Cucumber Variation)* for quartet and computer-generated electronic tones. The texture common to these works began as an hommage to James Tenney's monumental string quartet *KOAN*, in which a microtonally rising violin line is harmonised with increasingly dense aggregates based on combination tones, gradually becoming a progression of chord changes over a subharmonic bass line.

I had been asked to make a piece for a choir of violins.[6] Knowing that there were going to be many players with different backgrounds, from improvisers to jazz and classical musicians, I decided to make a kind of concerto, combining a sequence of natural harmonics (1° through 6°) played on the open strings (the choir part) with a microtonally tuned rising line of stopped pitches (played by me), which, in this case, moves through all of the tuneable intervals to these natural harmonics. By sorting these

3. This is a standard abbreviation for equal-division tone systems in which a ratio (usually the octave, represented here by the ratio 2/1 or simply 2) is divided into a number of equal parts, all of which are generally irrational number proportions.
4. The abbreviation c is used to indicate *cents*, a measure introduced by Alexander Ellis, which divides an octave into 1200 equal steps, 100 for each equal tempered semitone.
5. A detailed description and legend of the notation may be found at www.plainsound.org
6. A commission for Gerhard Uebele's "Violinale" festival in Berlin.

intervals so that a gradually rising line is generated, the natural harmonics fall into a gently meandering melodic sequence. I am indebted to a long collaboration, artistic exchange and friendship with composer Stefan Bartling that led to the creation and realisation of this piece.

Since there was no conductor and very little rehearsal time, computer-generated electronics double (and lead) the violin choir. The timbre is a digitally generated "analogue" waveform produced by randomly bending the shape of a sinewave, filtering, and connecting the resulting tones with short, delightful portamenti. The resulting texture, though reminiscent of *KOAN*, evokes a completely different lightness resembling a waltz, with evanescent harmonic progressions hinted in the ebb and flow of relative dissonance. The material consists for the most part of much wider intervals, freely ranging between unison and triple octave.[7]

One of the characteristics of composing extended JI ratios is that the equivalence relation between octave transpositions of intervals, and consequently the principle leading to chord inversions, begins to break down. Intervals expressed as ratios generally have one *most consonant* voicing. With every octave transposition, a power of 2 is introduced; these numerically larger ratios are also *more dissonant*. For example, consider the JI minor third, with ratio 6/5. In this compact form the interval is quite consonant, though often its surprisingly large size is unfamiliar to players who do not work with meantone temperaments. Its inversion, the major sixth, has a numerically "smaller" ratio, 5/3, and is, in fact, easier to hear and tune beatlessly. Wider intervals created by octave transpositions of either note – namely, the ratios 10/3 (major thirteenth) or 12/5 (minor tenth) – are each more difficult to accurately tune than the respective closed-position forms. On the other hand, take a septimal seventh with ratio 7/4. Although consonant, for many musicians and listeners the first impression may be one of unfamiliarity, leading to uncertainty regarding its exact tuning. However, if the interval is widened by one or even two octaves – to 7/2 or 7/1 – its sonority (and thus its *consonance*) becomes self-evident and unmistakeable.

I have made various versions of the *Cucumber* texture described above, set for different instrumentations and with different harmonics as starting point. For example, the section *Helmholtz's Sirens* of my guitar trio *Surface slips away* (2014) uses the harmonics of a scordatura tuning. The title *Cucumber Serenades* is a response to artist Lorenzo Pompa's request for a piece of music to accompany his series of sculptures with cucumbers embedded in salt. Together we created a fixed media version and edition called *Epistolae Cucumeris*.

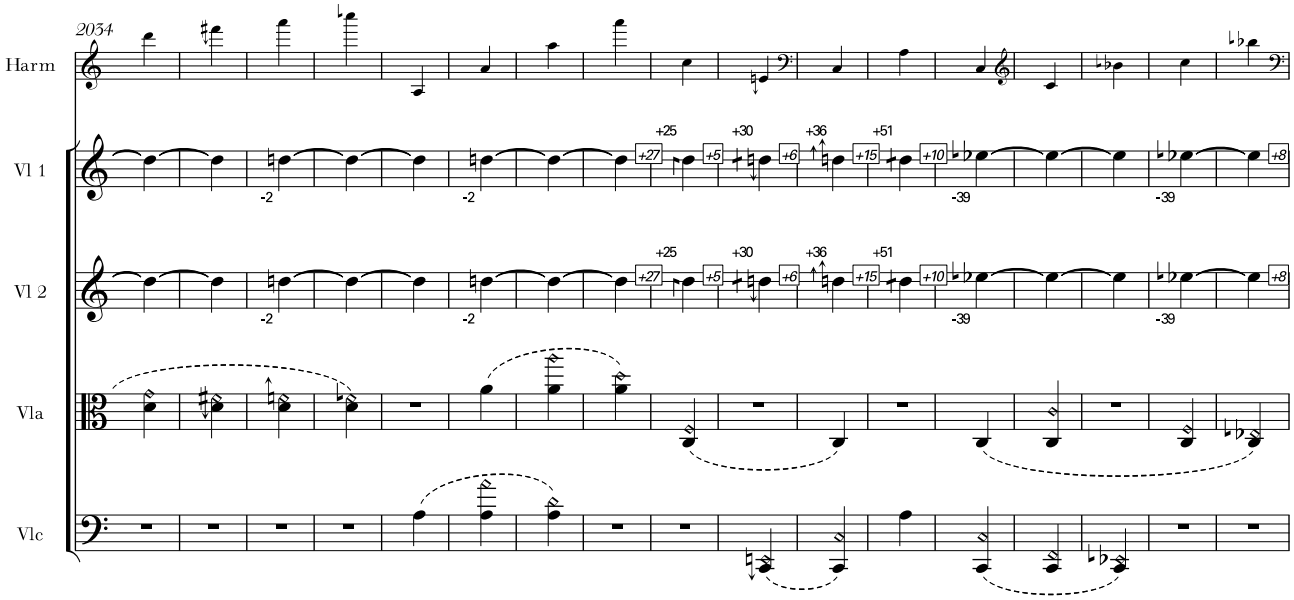
String Quartet 2

This *Cucumber Variation* was written in 2010. I began by making an "anti-string-quartet" version that transposed the solo violin line down, to be played entirely by the cello with the other three instruments accompanying in harmonics. The choir part, in this case, also includes the 7° partials of the open strings. After hearing the first performance in Los Angeles,[8] I decided to rewrite the piece. Now, each of the four instruments share equally in the responsibility for successively carrying the rising line. As a result of this revision, there are three transitions between players. Each consists of a sequence of bars during which both players double the microtonal solo line, gradually crossfading. Because of slight discrepancies that inevitably result when two players play in unison, moving by very small, unequal steps, a warm colour is introduced, contrasting with the cool, pure intervals featured elsewhere in the piece.

7. *KOAN* consists of intervals ranging between the unison and perfect fifth, with added combination tones.
8. The first version of *String Quartet 2*, which has now been withdrawn and revised, was performed by the Formalist Quartet (Mark Menzies, Andrew Tholl, Andrew McIntosh, Ashley Walters) at Villa Aurora, 12 December 2010.

The computer music leading the melody of natural harmonics has also been subtly transformed to enhance the harmonic clarity in the lower overall register of this version. Whenever the interval between solo and choir produces a sub-audio periodicity pitch, this frequency is added as amplitude modulation vibrato of the respective electronic tone. A third layer of very occasionally occurring chords is also added to the computer part.

These are drawn from a family of aggregates, formed by equally dividing the *frequency difference* of each tuneable interval into several parts. For example, the wide triple octave 1:8, sounded as a dyad, makes a weak consonance. The interval's sonority may be given more fullness by interpolating the half-summation-tone, 2:9:16. Chords made in this way replicate the same partial as a difference tone between successive frequencies, in this case (16 – 9) = (9 – 2) = 7°. This evokes a sensation of spectral fusion, binding the two outer parts together. A variation of this technique, which I am using in my more recent pieces, interpolates tones that create a simple difference tone chord, rather than just a unison.[9]



Example 2: Excerpt of the third solo line transition (between the two violins) in *String Quartet 2 (Cucumber Variation)* (2010). The staff "Harm" indicates sounding pitches played by the natural harmonics choir. The 23-limit tuneable intervals are written in HEJI notation.

The final revised version of *String Quartet 2* was given a reading at the University of Victoria, organised by Christopher Butterfield during my visit in 2014, but the complete work remains unperformed to date (October 2019).

Euler Lattice Spirals Scenery

Shortly after arriving in Villa Massimo for a one-year fellowship in Rome during 2011, I remember a telephone call with composer Ben Johnston (1926-2019) that had a very profound effect on my subsequent music. I had sent him a recording of my brass trio *HAIRY HIPPY HAPPY*, originally written in 2006 for tubist-composer Robin Hayward and his trio Zinc and Copper. The entire work, in revised form, had finally been premiered by a different group, the Los Angeles based Trio Kobayashi. I was especially happy to have made a studio recording of this very challenging work with them in late 2010. I was curious what Ben, who had himself composed some of the thorniest just intonation music I knew, might have to say.

9. For example, in my orchestra piece *The Luminiferous Aether* I began using the sonorous quartertone tetrads 10:12:13:15 and 8:9:11:12with, respectively, difference tones between successive pitches in proportion 2:1:2and 1:2:1.

As we spoke, he was, as always, gracious and insightful, complimenting the complexity of tonal constructions and the clear formal logic. But then he made a pointed criticism. In spite of its structural clarity, he was unable to decipher my music; it seemed, to him, on an intuitive listening level, to remain abstract and emotionally opaque. While admitting that this could be absolutely valid – after all, one of his closest colleagues was Tenney, who generally rejected the connection of emotion and music – Johnston spoke about his own search to integrate compositional and emotional logic, to understand the music he was writing both conceptually *and* personally.

This approach may elude clear formulation in words, but I have come to believe it is what gives his best pieces, like the remarkable *String Quartet No. 5*, their most exceptional qualities. Ben could not offer me any concrete means to pursue this kind of sensibility, but his questioning led me to search for it myself. By pausing my use of systematic decision making and by repeating, over and over, the raw sequences of sounds I was sketching, I forced myself to confront my own responses, to ask myself how I sense these sounds in time. The pieces I wrote in the year immediately after this conversation are my string quartet *Euler Lattice Spirals Scenery* followed by a chamber concerto for piano and 14 instruments, *Lying in the grass, river and clouds* (2012), based on my strict and systematic piano work *to Damascus* (2007).[10] Even though both works traverse the same material, and do so rigorously, I think a striking change in musical expression, continuing in my subsequent compositions, may be clearly heard.

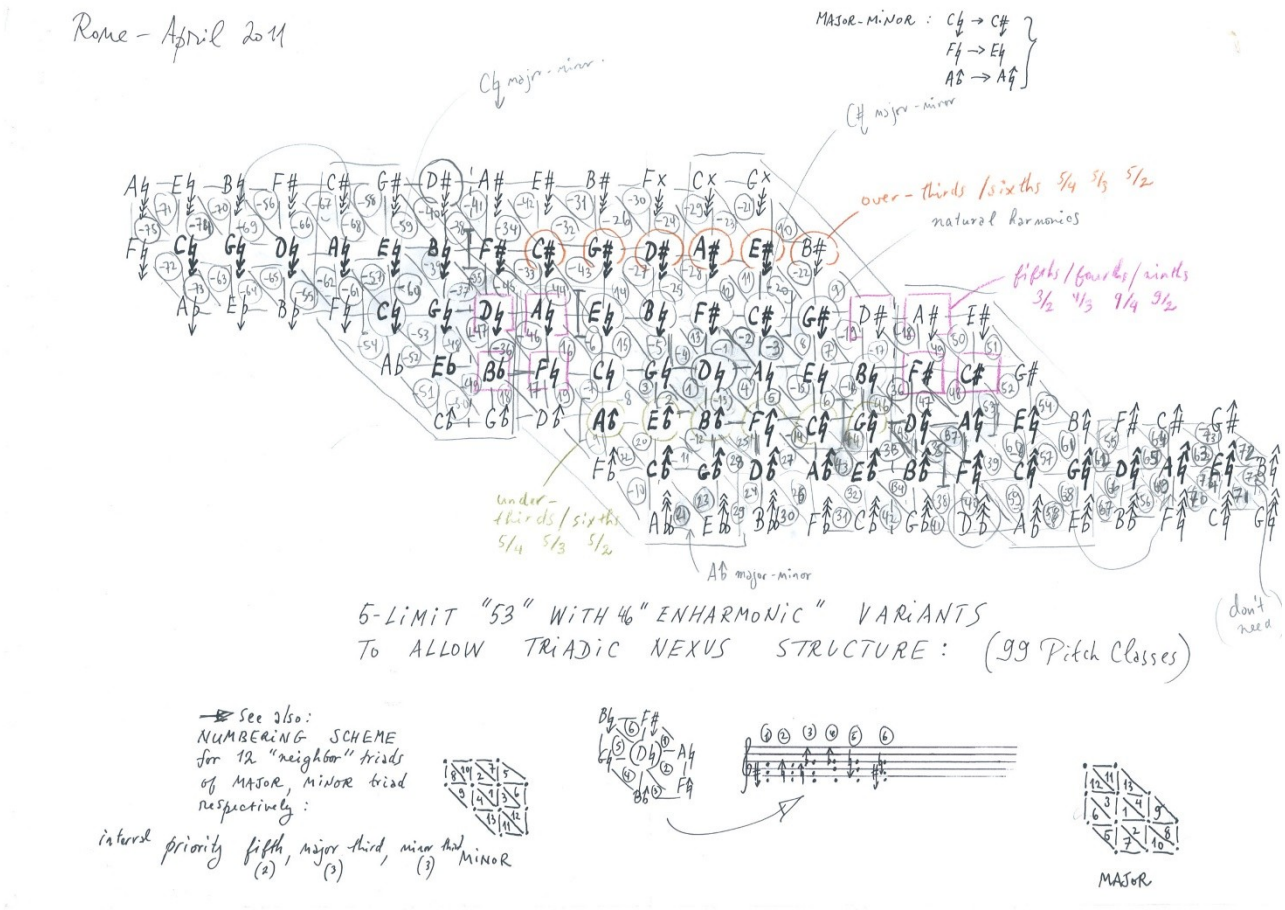
The central movement of the new quartet grew out of this conversation and is called *Harmonium for Ben Johnston.* The hommage is both personal and artistic. Johnston's ten string quartets are, in my opinion, the most important set of works written for this medium in the second half of the past century. I think it is incredibly surprising that, though recently recorded, supervised by the composer, by the ground-breaking Kepler Quartet, this cycle has yet to be heard live in its entirety.

Harmonium follows a spiralling path of major and minor triads, wandering through an extended 5-limit space, resembling some of the lattices Ben employed in his early works. Although the piece is built on a systematic mapping of all possible triadic common-tone progressions and follows a symmetric form away from and back to a central point, as I wrote I found my mathematical constructions dissolving into an organic, musical surface.

Gradually, the entire five-part form of the quartet took shape around this movement, beginning with an extended intonation to establish the tuning of the open strings in perfect untempered fifths, shaded with brief harmonic incursions. This is followed by the first of two brief movements, *Pythagoras Drawing I* and *II*, which feature sonorous 3-limit intervals between open strings and partials 2°, 3°, 4°, 6° and 8°. The third movement is a *Harmonium for Claude Vivier* that includes the first nine harmonic partials of every open string (introducing the 7-limit). The form is a long ecstatic melody, freely composed in unison and two-part counterpoint, with occasional chords, systematically unfolding the set of available tones.

The quartet was written for and premiered by the Sonar Quartett and subsequently played by various groups, including Canada's Bozzini Quartet. Most recently, it has been recorded by the JACK Quartet and released on Simon Reynell's label "another timbre".

10. *to Damascus* was premiered at the Donaueschinger Musiktage by Canadian pianist Stephen Clarke on 19 October 2007.



Example 3: Sketch of the 5-limit tone lattice formally underpinning the *Harmonium for Ben Johnston* section of *Euler Lattice Spirals Scenery* (2011). Circled numbers indicate bars correlated to triads.

Asking ocean

Five years later, the Ensemblekollektiv Berlin invited me to compose a new work for the entire ensemble, with the stipulation that it would complement or vary an already existing work of mine written for the Sonar Quartett, in particular, *Euler Lattice.* The resulting piece, *Asking ocean,* is a 45 minute concerto for string quartet and 18 additional musicians (2 fl, ob, 2 cl, alto sax, horn, 2 tp, tb, tuba, 2 perc, harp, hpsd/pf, vln, vla, vc/gamba), in which the earlier quartet is embedded and, in various ways, transformed.

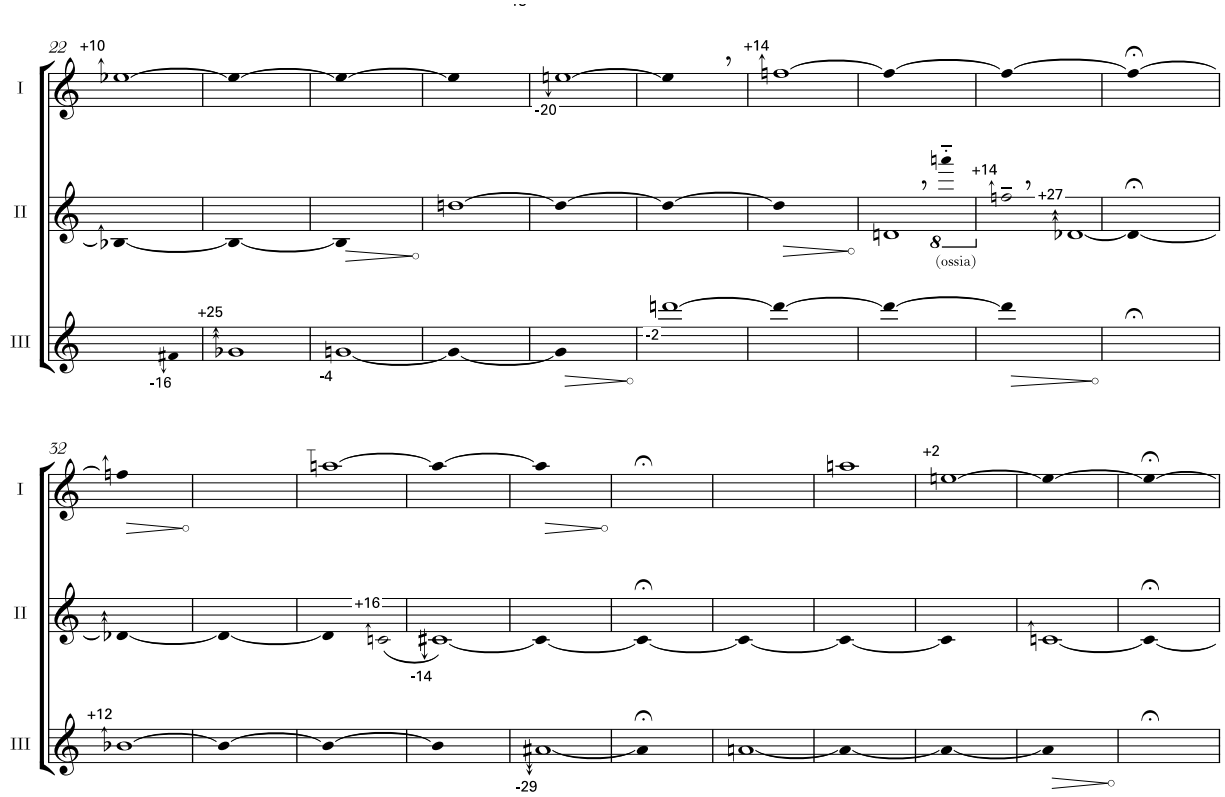
The *Intonation* movements introduce new material to facilitate tuning the various additional scordature (natural trumpet, harpsichord, harp, string trio, gamba). The *Pythagoras Drawing* interludes harmonise Pythagorean sounds with higher partials played by the ensemble. The *Harmonium for Ben Johnston* treats the microtonally shifting commas in the 5-limit quartet part as a "normal-sounding" consonant ground, juxtaposing increasingly distant-sounding "normal, near-tempered" pitches played by the ensemble. These combine with the quartet's pure triads to create aggregates with various overtonal and undertonal higher partials.

Example 4: The first bars of *Harmonium for Ben Johnston* in *Asking ocean* (2016) with tabulature and sounding pitch notation of scordatura instruments. Music follows the chord sequence sketched in Ex. 3.

Jean-Philippe Rameau

The composer and theorist Jean-Philippe Rameau writes, in *Génération Harmonique*, of enharmonic modulations implied by changing from sharps to flats, and of difficulties he faced in his continuing efforts to deploy such "microtonal" harmonic progressions. The listener is magically transported from one realm to another, he says, sensing the "harshness" of the quartertone movement even when, because of temperament, it is not made explicit. Only with the willing cooperation of fine performing musicians may such a change be convincingly intonated.

Written in 2012 at the request of my artist friend William Engelen, *Jean-Philippe Rameau* is a three-voice invertible counterpoint for any suitable combination of instruments, including a version made specifically for string quartet. The score attempts to find corporeal expression for the tonal movements sketched by Rameau, and to sound them with changing timbres and registers. Tones differing by enharmonic intervals – the diesis and the syntonic comma – are harmonised and set successively in melodic lines, tracing the border between their perceptibility and evanescence. On each repetition of the music, the instruments change voices until each player has played each part. Unlike Rameau, I would argue that a fully musical perception of these kinds of harmonies demands both context *and* specific intonation.



Example 5: Excerpt from *Jean-Philippe Rameau* (2012) with three different settings of the dieses between enharmonically related tones (F-sharp to G-flat, D-flat to C-sharp, B-flat to A-sharp).

My most recent work, *Inner voice,* is being written for guitarist Seth Josel and the Bozzini Quartet. It combines an electric guitar in scordatura tuning, computer generated electric tanpura and string quartet. I began writing the composition by searching for a way to systematically order chords expressed as proportions of three frequencies. The music sketches lines, chords, melodies, counterpoints around the changes that emerge from this calculation.

Ordering aggregates by relative dissonance

Ratios give intervals names based on the distinct polyrhythmic pulsation of their frequencies in relation to each other. The invariance of this relation with respect to transposition – but, as noted above, not necessarily inversion – permits an interval to share common properties across registers, even as its *periodicity pitch* (common fundamental) approaches the sub-audio and the interval begins to rumble, or as its *lowest common partial* ascends to frequencies above 4000 Hz, where pitch differentiation (and thus the intervallic character) gradually become less salient.

This implied relationship – ratio of lowest common partial to periodicity pitch, expressed in lowest terms fractions a/b as the ratio $1{:}ab$ – is one of the simplest of several possible numerical measures of relative dissonance or *harmonic distance.* Originally proposed in a letter (ca. 1563) to Cipriano de Rore by Giambattista Benedetti, this measure was also adopted by Tenney in the form

$$\mathrm{HD}=\log_2(ab).$$

Since a/b can be always expressed as a product of powers α_i of prime numbers p_i in a unique way,[11] Tenney's logarithmic harmonic distance is a sum of distances $\alpha_i \log_2 p_i$ along the prime number axes of harmonic space. In other words, it measures the simplest path from a to b by absolute consonances (intervals of the form $1{:}p$).

A second possible measure, also defined by Tenney, compares the combined partials of a and b up to their common partial with the entire series over the periodicity pitch, giving a ratio called *intersection*

$$\mathrm{I}=(a+b-1)/ab.$$

Various other algorithmic measures of harmonicity or relative consonance of intervals and chords have been proposed, most famously Leonhard Euler's *gradus suavitatis* which subtracts the number n of component primes p_i from their sum $\mathrm{S}(p_i)$ and adds 1

$$\mathrm{GS}=\mathrm{S}(p_i)-n+1.$$

Clarence Barlow coined his *indigestibility* measure based on Euler's approach, adopting a formula that reduces the measured harmonicity of primes higher than 5 to reflect his own compositional preferences.

Yet another possibility is suggested by the tree structure of Farey Sequences, which order all lowest terms fractions up to some maximum denominator from 0 increasing to 1.[12] The smallest-denominator lowest terms fraction lying between two successive terms is necessarily their mediant. For example, the numerically "simplest" fraction lying between the major third 5/4 and the perfect fourth 4/3 is (5+4)/(4+3)=9/7. This large, septimal major third is wider than the usual major third by a septimal diesis with ratio 36/35 (approximately a quartertone).

Notice that the more dissonant ratio is no longer *epimoric* – its numerator and denominator no longer have a difference of 1 –, meaning that the interval does not lie between any two *successive* partials of an harmonic series. This can be generalised to a measure I call *dispersion.* For a chord $a_1{:}\ldots{:}a_n$ written in reduced form, compare the number of successive harmonics spanning the chord (a_n-a_1+1) with the number of distinct pitches generating the chord (n).

11. By the fundamental theorem of arithmetic.
12. For a full discussion of Farey Sequences and their musical applications to natural harmonics and multiphonics, see an upcoming *Tempo* article co-written with Thomas Nicholson.

$$D=(a_n-a_1+1)/n$$

For the unison as well as for any harmonic series segments like epimoric ratios (n+1/n), the triad 4:5:6 or the septimal tetrad 6:7:8:9, *dispersion* gives the value 1. For absolute consonances 1:n dispersion measures a value of n, as does Benedetti distance.

Benedetti distance, Tenney intersection and Euler suavitatis can also each be generalised to compare aggregates. Benedetti distance, or lowest common partial, is calculated by the least common multiple lcm(a_i). This may be also thought of as the *number* of partials from the aggregate's periodicity pitch up to its lowest common partial. The Tenney intersection compares this value against the number of sounding partials up to the periodicity pitch – i.e., those that are multiples of some a_k in the aggregate.

Inner voice is built on an algorithmically generated sequence of two- and three-part chords, ordered by increasing dissonance, combining several of the measurements described above: limiting register, primes, harmonic distance, intersection, density, and sorting by increasing outer interval. The exact balance of parameters was determined by experimentation, comparing the resulting orderings to reflect my own experience.

For each chord, its most salient and sonorous frequency range is decided by taking the geometric mean of the pitch-heights at which periodicity pitch falls above 20 Hz and at which lowest common partial is less than 3200 Hz.[13] For chords sharing a common outer interval, these optimal salience values are averaged and their arithmetic mean is assigned as a common pitch-height. Thus, the range of relative dissonance over each fixed framing interval is heightened and is articulated by a middle voice moving between different frequencies, shaping a melodic phrase in Just Intonation. The use of geometric means (in the first part of the algorithm) introduces the possibility of irrationally related steps when moving *between* framing intervals. These steps create irregular beatings in audible contrast to the otherwise beatless fusion of the JI sonorities.

While composing, I began playing with the enharmonic search feature implemented in Thomas Nicholson's javascript HEJI calculator on the plainsound website. I look for near equivalent rational interpretations for the algorithmically generated frequencies, within a tolerance of <1 cent, whenever the notation of such pitches remains relatively straightforward. The results sometimes suggest surprising movements in harmonic space, which I compose as brief modulatory interludes. In other cases, I allow the relationship to remain undefined, writing the next sequence of tones simply using cents deviations. This hybrid of adaptive just intonation and "irrational" momentary shifts is mirrored in the sound of the electric tanpura. It establishes stable layerings of rational intervals creating a periodic fusion in the sequences of chords sharing a fixed outer interval, interspersed with softer-focus, phasing shifts of harmony. This is also echoed in the guitar writing, which uses a standard guitar fretboard divided in 12ED2 but tuning the strings in a subtle scordatura – (from low to high: E, A-33, D-33, F#+33, B+33, E. The guitarist produces JI sounds by subtly pulling the strings to tune intervals by ear, matching the quartet and electronics. These are written as cents deviations measured upward from the nearest string.

Concluding remarks

The timbre of string instruments is uniquely suited to the kind of detailed harmonic textures my music is exploring. Writing for strings I work with special scordature on occasion, enabling a specific repertoire of unusual frequencies, as in the quartet *LIGHT GROUND* (2014-19) for violin, viola and two

13. This particular upper limit is chosen to keep the geometric means rather lower in register because I personally like the sonorous friction of the chords in this range. A higher upper limit (i.e. 4000 Hz or more) would give a smoother sound.

contrabasses, or in the ensemble part of *Asking ocean*. For the most part, however, I prefer to keep the open strings reliably and consistently tuned in perfect Pythagorean fifths to allow a greater degree of mobility. With this familiar orientation, it is possible to accurately create intervals with the open strings and natural harmonics and confidently play in higher positions to produce a larger repertoire of JI sonorities. Many of these sounds can be learned and played not only as double-stops, but also as melodic steps, approximated well in a context of more rapidly flowing music. The classical formation of the string quartet, following the harmonic series (cello-viola an octave apart, viola-violins a perfect fifth apart, narrowing as the pitch rises), covers the most salient frequency range for harmonic sound, with beautifully differentiated and blending timbres and the option to write counterpoint with up to eight simultaneous pitches. It remains one of the most perfectly balanced instrumentations for (micro)tonal music.

In my music I work with a continual differentiation of sonorities by relative dissonance, by hearing into their characteristic periodic signatures – inner rhythms evoked, shaping new counterpoints. The composition of such intervals, because their perception mimics analytic hearing, is intimately bound to orchestration, to instruments emerging and receding, to colour, saturation and focus. These qualities become especially compelling as they extend to combinations of strings with voices, winds, electronics and new, invented instruments.[14] It seems to me that the musical exploration of harmonic sound, of *tonality*, with many instruments of mixed timbre, is vastly enriched by thinking in terms of an extended harmonic space based on Just Intonation.

Marc Sabat: Works for Strings

1. *3 Chorales for Harry Partch*, vn, va (1993), ca. 6'
2. *Beautiful city*, str qt (1994), ca. 15' (in a scordatura tuning)
13a. *Change in your pocket*, string instrument (vn, va, vc, or cb) and delay (1997), ca. 10'
17a. *Everlasting sweet peas*, 3 vns (1998), 10'
21. *Idyllily*, solo strings: 6 vn, 2 va, 2 vc, cb, optional voices (2000), 13'
(co-composers: Martin Arnold, John Oswald, Richard Wagner)
24. *Johann Sebastian Bach RICERCAR Musikalisches Opfer 1, INTONATION*
for any (3) instruments voices and/or computer sounds (2001 rev. 2011)
(co-composer: Wolfgang von Schweinitz)
27a. *Morton Feldman Composition 1984 INTONATION Marc Sabat 2012*, vn, ca. 15'
27b. *Les Duresses : a book of music in Just Intonation* (2004), ca. 40'
Intonation after Morton Feldman #1, vn
Intonation after Morton Feldman #2, vn
Two commas, vn
Duas Quintas, 2 vn
28a. *Spectral Canon No. 1 (for James Tenney)*, 12 cb (2005), ca. 10'
30a. *November 15, 1935 – Leaving Santa Barbara*, solo male intoning voice,
Partch adapted va, vn, va, vc (2006), 6' (words and melody notated by Harry Partch)
30b. *November 15, 1935 – Leaving Santa Barbara*, solo male intoning voice,
second voice/vn (2007), 6'
36. *Claudius Ptolemy*, vn or cb, vc (2008/17), ca. 5'
37. *De profundis clamavi ad te, Domine*, 3 low male voices, va, Partch adapted va, vc—
each instrumentalist may sing (2008), ca. 10'
41a. *Cucumber Serenades*, solo vn, violin choir (at least 1 player), electronic tones * (2Ch) (2009), 30'
* available as prerecorded track or MaxMSP patch

14. Like Ellen Fullman's remarkable Long String Instrument, which is played by stimulating longtitudinal waves in strings up to 24 metres in length with rosined fingers.

41d. *String Quartet 2 (Cucumber Variation)*, str qt, electronic tones * (2 Ch) (2010), 25'
* available as prerecorded track or MaxMSP patch

43. *Composition for La Monte Young (February 2010)*,
two players, twice the same instrument, open duration

45a. *Euler Lattice Spirals Scenery*, str qt (2011), 30'

45b. *Asking ocean*, string quartet: 2 vln, vla, vlc and ensemble of 18 instruments:
2 fl, ob, 2 cl, a sax, horn, 2 tp, tb, tuba, 2 perc, harp, hpsd/pf, vln, vla, vc (2016), 45'

46. *Kaleidoskop für Gerd Lünenbürger*, strings: 4, 2, 2, 2, 0 (2011), 3'20"

47. *ERIK SATIE Vexations INTONATION*
for any instruments which may be appropriately tuned (2011)

49a. Jean-Philippe Rameau, any three sustaining instruments (2012), ca. 12'

49b. *Jean-Philippe Rameau*, version for string quartet (2012), ca. 15'

52. *is land a part*, cb, live electronics, playback (2014), 25'

53d. *LIGHT GROUND*, vn, va, 2 cb, prerecorded tanpuras (2016), 70'

54. *Bob Gilmore, Elisabeth Smalt*, vln, vla (2015), 5'

55. *Gioseffo Zarlino*, at least 2 voices and/or instruments (2015), ca. 8'

56a. *Sei Bach-Intonazioni per Violino Solo, Ia*, 2 vns (2017)
Sonata Prima a Violino Solo senza Basso by Johann Sebastian Bach BWV 1001
intonation and accompanying second violin composed by Marc Sabat

56b. *Sei Bach-Intonazioni per Violino Solo, IIa*, 2 vns (2017)
Sonata Seconda a Violino Solo senza Basso by Johann Sebastian Bach BWV 1003
intonation and accompanying second violin composed by Marc Sabat

56c. *Sei Bach-Intonazioni per Violino Solo, Ia-Adagio*, vn, vlc (2018)
Sonata Prima a Violino Solo senza Basso by Johann Sebastian Bach BWV 1001
intonation and accompanying cello composed by Marc Sabat

56d. *Sei Bach-Intonazioni per Violino Solo, IIIa*, 2 vns (2019)
Sonata Terza a Violino Solo senza Basso by Johann Sebastian Bach BWV 1003
intonation and accompanying second violin composed by Marc Sabat

56e. *Streams barely in winter*, 2 vns (2019), three beginnings for Walter played before Bach

58. *Part song*, vn, cb (2017), ca. 5'

61. *Plainsound Duet*, any two instruments or voices (2018), 5'

63. *Inner voice*, str qt, e gtr, computer (2019), 30'

64. *Divide*, any four sustaining instruments (2019), 12'

Relative Dissonanz

von Marc Sabat

Den Großteil meiner kompositorischen Arbeit habe ich in den letzten sechsundzwanzig Jahren einer neuen Instrumentalmusik gewidmet, in der Frequenzen durch ganzzahlige Proportionen miteinander verbunden sind. Die Töne sind exakt zueinander gestimmt und folgen keinem der vielfach verwendeten temperierten Systeme. Stattdessen bilden sie ein sich endlos entfaltendes Netzwerk, die sogenannte erweiterte reine Stimmung.[1] Diese Arbeitsweise lädt Musiker dazu ein, viele ungewohnte, aber klar unterscheidbare Intervalle kennenzulernen. Die Spieler erzeugen eine Vielzahl verschiedener Intonationen, indem sie sehr genau auf die Klänge achten, die sowohl in ihrem eigenen Instrument als auch zwischen den Instrumenten entstehen. Diese Spieltechnik verlangt ein konzentriertes kollektives Zuhören, das dem der improvisierten und experimentellen Musik verwandt ist, während es auf die klassischen Fähigkeiten baut, wohlgestaltete ausgehaltene Töne zu erzeugen. Als musikalisches Forschungsgebiet kann die reine Stimmung auch Brücken zu anderen melodischen Musikstilen mit hochdifferenzierter Intonation, wie dem Renaissancekontrapunkt, indischem Dhrupad, Blues oder Maqam.

Meine jüngeren Werke umfassen Konzertmusik und Installationen, Stücke für größere Ensembles und Orchester, Vokalmusik sowie Werke mit Elektronik oder Zuspielung.[2] Aber ich kehre immer wieder zur Komposition für kleinere Besetzungen mit Streichinstrumenten zurück: Soli, Duos, Trios, und insbesondere Streichquartetten.

Meine Faszination für Harmonie entstand unmittelbar aus dem Geigenspiel und dem Erproben der Klangqualitäten der Doppelgriffe. Sie wurde entfacht durch die Hörerfahrung von Subtilitäten des Klangs, von Unterschieden in der Tonschattierung – Intonation, Lautheit, Farbe. Ich bin von der Wahrnehmung einer relativen Abstufung von Konsonanz und Dissonanz sehr angetan. Ich mag es, mikrotonale Abweichungen, klangfarbliche und rhythmische Qualitäten zu erkennen und dabei Wege zur Benennung und Erinnerung dessen zu finden, wie ich musikalische Intervalle wahrnehme. Wenn ich gestimmte Intervalle von Klaviertönen unterscheiden konnte, sollten auch andere Musiker dazu in der Lage sein. Nach und nach entdeckte ich die Experimente mit reiner Stimmung („just intonation" oder „JI") der Pioniere des frühen zwanzigsten Jahrhundert wieder, von Harry Partch, Kathleen Schlesinger und Elsie Hamilton; Experimente, die mich zurück zu Helmholtz, Ptolemäus, Rameau, Zarlino, Vicentino und Rossi führten und nach vorn zu Pauline Oliveros, James Tenney, Ben Johnston und La Monte Young – und all diese verzweigen sich lesend, hörend, spielend wiederum zu vielen anderen. Ich begann, nach Musik aus aller Welt Ausschau zu halten, nach alten und neuen Praktiken, in denen es um die tonalen Qualitäten des Klangs geht.

Mein Ansatz entspringt der Wahrnehmung und Wiedergabe von Intervallen und mündet in das Finden und Verfolgen von Melodien, Akkorden, Harmonien und Kontrapunkten, die den Klang der Stimmung herausstellen. Wenn ich an meine eigenen Erfahrungen mit „harmonischem Sound" denke, um einen Begriff meines Kollegen Marcus Pal zu verwenden, dann stelle ich sie mir nicht als Spiegel von spezifischen „natürlichen" Eigenschaften äußerer Phänomene vor (wie etwa das „Spektrum"). Vielmehr sehe ich sie als innere Qualitäten des Klangs, die sich herausbilden, im wahrnehmenden Denken hervortreten und sich ständig verändern. Wenn ich komponiere, versuche ich, persönliche Wege der Wahrnehmung zu beschreiten, meine physische Interaktion mit Klang hervorzurufen und empirische Untersuchungen in Form von Musik für Stimmen und Instrumente anzustellen. Ich interessiere mich für vorläufige Kategorien, Listen und einfache Ordnungen, assoziative Andeutungen, die sich unterwegs wieder verlieren und neue Schichten aufdecken. Je näher die Musik an dieser elementaren Erlebnisstufe – der vorüberfließenden Zeit – bleibt, desto enger scheint mir ihr möglicher Kontakt zum Denken.

„Beautiful city" (Schöne Stadt)

Mein erstes Streichquartett „Beautiful city" ist 1994 entstanden. Sein Schwesterwerk, das Duo „3 Chorales for Harry Partch" für Violine und Bratsche, habe ich im Jahr davor während eines Workshops in Vermont zusammen mit dem Geiger und Komponisten Malcolm Goldstein komponiert. Beide Stücke sind radikal verlangsamte harmonische Choräle, die sich in Phrasen entfalten, in denen 11-Limit Intervalle O- und U-Tonalitäten zum Klingen bringen, wie sie von Partch theoretisch beschrieben wurden.[3]

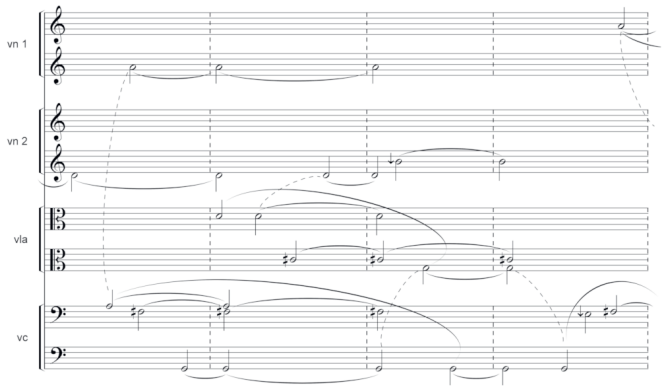
1 Ben Johnston, „On the Performance Practice of Extended Just Intonation"), Anmerkungen zur Partitur des neunten Streichquartetts, 1987.

2 Eine Werkliste, Partituren im pdf-Format und Links zu Aufnahmen sind auf www.plainsound.org verfügbar.

3 In Anlehnung an die Idee des harmonischen Dualismus, die von Theoretikern wie Rameau, Oettingen und Riemann entwickelt wurde, schlug Partch vor, die Dreiklänge zu Sechsklängen aus Teiltönen (o-tonal) und Untertönen (u-tonal) eines Grundtons (1°) und seiner ungeradzahligen Vielfachen und Teiler [partials] (3°,5°,7°,9° und 11°) zu erweitern.

Dazu habe ich eine extreme Skordatur verwendet, in der die Geigen auf d-d'-a'-a', die Bratsche auf G-g-d'-d' und das Cello eine Oktave tiefer analog zur Bratsche gestimmt wird. Die tiefen und hohen äußeren Seiten jedes Instruments sind um eine Quarte beziehungsweise eine Quinte heruntergestimmt. Werden die beiden tiefen Saiten auf gleicher Position abgegriffen, dann erklingt eine Oktave, werden die höheren Seiten abgegriffen, ergibt sich ein Einklang. Veränderungen in der Klangfarbe- und Stimmung eines einzelnen Tons auf den schlaff wie auf den normal gespannten Saiten erzeugen ein reich strukturiertes Feld, das von körnigem Geräusch bis zu purem Ton reicht und einer allmählichen Dehnung oder Öffnung des Klangs in der Zeit ähnelt.

Jeder Teil bewegt sich durch Konstellationen von aufeinanderfolgenden und überlagerten Tönen. Die Partitur legt fest, welche davon zusammenklingen sollen – über eine, zwei, drei oder alle vier Saiten durch irreguläre Arpeggien, Überdruck, gelöste Bogenhaare, et cetera. Während die Spieler sich durch den Choral bewegen, verändern sie die Klangfarbe, wobei sie der jeweils vorgeschriebenen Stimmung und Phrasierung folgen; die Dynamik ist frei.



11-Limit o-tonale Harmonie in „Beautiful city"

Die vier Saiten jedes Instruments sind auf zwei Systemen notiert, wobei die Notenhälse in jeweils verschiedene Richtungen weisen. Die Noten mit nach unten gerichteten Hälsen auf dem unteren System klingen eine Oktave tiefer als notiert. Die Dauer einer Zeile ist zwei bis drei Minuten; Noten setzen wie bei der Space-Notation ein und klingen bis zum nächsten Taktstrich.

Als ich in den Neunzigerjahren in Toronto lebte, habe ich James Tenney und das Repertoire von Stücken und Texten kennengelernt, die er damals gerade fertiggestellt hatte: „Glissade", „Bridge", „KOAN for String Quartet", „Changes" und „Critical Band". Ich probierte damals eine Notation aus, die mit einfachen, doppelten und dreifachen Pfeilen und einer Unterteilung des Tons in zwölf Teile die 11-Limit Intervalle ungefähr abbildete. Unter Verwendung dieses Systems schrieb ich das Ensemblestück „Quiet Winter" (1996) und transkribierte Harry Partchs „Seventeen Lyrics by Li Po" (1930–1933). Mit Hilfe der Geigenbauer George Heinl & Co. baute ich Partchs „Adapted Viola" nach, indem ich das Griffbrett und den Steg eines Instruments des Autodidakten Giuseppe Vitale aus dem Jahr 1931 modifizierte. Das Spielen von Partchs frühen Kompositionen brachte mich dazu, meinen Weg durch seine „Sprache der Proportionen" nach dem Gehör zu finden, und auf einfache Brüche gekürzte Frequenzverhältnisse mit spezifischen Klangqualitäten zu assoziieren.

Die Annäherung an die reine Stimmung durch 72ED2[4] half mir, ein Repertoire mikrotonaler Klänge aufzubauen, aber ich fand dessen melodischen Einschränkungen zunehmend problematisch. Wie jedes andere gleichstufige System rundet es melodische Intervalle auf Vielfache einer irrationalen Einheit. Im Fall von 72ED2 sind das 16,7 Cent.[5] Solche Systeme haben meiner Meinung nach gleichzeitig zu viele und zu wenige Töne. Ihre Mikroaufteilung stellt sehr spezifische, festgelegte Tonhöhen zur Verfügung. Intonierbare melodische Intervalle, wie sie sich durch das Fortschreiten von Konsonanz zu Konsonanz ergeben, erfordern aber oft eine feinere Differenzierung. Zum Beispiel wird das septimale Komma 63:64 mit 27 ¢ zu 33,3 Cent aufgerundet, wohingegen das nur geringfügig kleinere syntonische Komma 80:81 mit 22 Cent auf 16,7 Cent abgerundet wird. Das septimale Komma wird durch die Darstellung im gleichstufigen System doppelt so groß wie das syntonische Komma, obwohl der Unterschied (mit rund 5 Cent) klein ist. Andererseits ist der große chromatische Halbton 14:15 (119 Cent) um ungefähr das gleiche Maß, also 5 Cent, weiter als der diatonische Halbton 15:16 (112 Cent). In diesem Fall werden beide Intervalle durch die gleichen 72ED2-Töne abgebildet. Intonationsschattierungen werden durch ein Raster verpixelt, das Unterschiede nach künstlichen Kategorien klassifiziert, ohne eigentlich präzise wiederzugeben, was man hört.

1997 kam ich zu einem Stipendien- und Residenzaufenthalt in der Akademie Schloss Solitude nach Stuttgart und zog 1999 nach Berlin, wo ich heute noch lebe und arbeite. Hier lernte ich Wolfgang von Schweinitz kennen. Im Lauf der nächsten Jahre arbeiteten wir an der Entwicklung einer neuen Art von Notation, die genaue Proportionen auf das fünflinige Notensystem ohne temperierte Annäherungen übersetzte. Der Großteil meiner Musik ist seitdem in der Extended Helmholtz-Ellis JI Pitch Notation (HEJI)[6] notiert. Ich begann, stimmbare Intervalle,

4 ED steht für „equal division". Dies ist eine standardisierte Abkürzung für gleichschwebend-temperierte Tonsysteme, bei denen eine Proportion (in der Regel die Oktave 2:1 oder einfach 2) in eine bestimmte Anzahl gleich großer Intervalle aufgeteilt wird, die in der Regel alle eine irrationale Proportion aufweisen.

5 Die Abkürzung ¢ wird für die Angaben in Cents gebraucht, ein Maß für Tonabstände, das von Alexander Ellis eingeführt worden ist, und die Oktave in 1200 gleichgroße Schritte, 100 für jeden temperierten Halbton, teilt.

6 Eine detaillierte Beschreibung und Erklärung des Notations-

proportionsbasierte Konsonanzen, ausfindig zu machen, die auf einem Streichinstrument als Doppelgriff gespielt und nach dem Gehör genau intoniert werden können. Die Bewegung zwischen den stimmbaren Intervallen erlaubt die akkurate Ausführung sehr differenzierter melodischer Schritte, und diese Technik sollte als Grundlage für meinen Ansatz dienen, mikrotonalen Kontrapunkt zu komponieren.

Cucumber Serenades“ (Gurkenlieder)

2009 begann ich mit einem Stück, das zu einer Reihe von Kompositionen unter dem Titel „Cucumber Serenades“ führen sollte, darunter mein „String Quartet 2 (Cucumber Variation)“ von 2010 für Streichquartett und computergenerierte elektronische Töne. Die diesen Werken gemeinsame Textur entstand aus einer Hommage an James Tenneys monumentales Streichquartett „KOAN“, in dem eine mikrotonal ansteigende Linie der Geige mit auf Kombinationstönen beruhenden Aggregaten zunehmender Dichte harmonisiert wird, die allmählich zu einer Akkordfortschreitung über einer subharmonischen Basslinie werden.

Ich war gebeten worden, ein Stück für einen Geigenchor zu schreiben.[7] Wohlwissend, dass viele Spieler mit verschiedenen Hintergründen aus Jazz und Klassik in diesem Festival aufeinandertreffen würden, entschied ich mich, eine Art Konzert zu schreiben. Es verbindet Folgen natürlicher Flageoletts (1° bis 6°) auf den leeren Saiten (die Chor-Partie) und eine mikrotonale, ansteigende Linie von gegriffenen Tönen (von mir gespielt), die sich in diesem Fall durch alle stimmbaren Intervalle zu diesen natürlichen Flageoletts bewegt. Durch das Sortieren dieser Intervalle mit dem Ziel, eine kontinuierlich ansteigende Linie zu bilden, fallen die natürlichen Flageoletts in eine zart mäandernde melodische Folge.

Da es keinen Dirigenten und nur sehr wenig Probezeit gab, verdoppeln (und führen) computergenerierte Klänge den Geigenchor an. Die Klangfarbe ist eine digital erzeugte „analoge“ Wellenform. Sie wird durch das zufällige Beugen einer Sinusschwingung, das Filtern und das Verbinden der resultierenden Töne mit reizvollen, kurzen Portamenti erzeugt. Obwohl sie an „KOAN“ erinnert, hat die resultierende Textur eine ganz andere, walzerartige Leichtigkeit, mit flüchtigen harmonischen Fortschreitungen, die durch Ansteigen und Abebben der relativen Dissonanz angedeutet werden. Das Material besteht meistenteils aus viel größeren Intervallen, die sich frei zwischen Einklang und dreifacher Oktave bewegen.[8]

Eine der Eigenheiten der Komposition in erweiterter reiner Stimmung ist, dass die Oktaväquivalenz der Intervalle und damit das Prinzip der Akkordumkehrung an Verbindlichkeit verliert. Durch Proportionen ausgedrückte Intervalle haben im allgemeinen eine konsonanteste Umkehrung. Mit jeder Oktavtransposition tritt eine Potenz von 2 hinzu; und größere Zahlen gehen mit einem höheren Dissonanzgrad einher. Denken wir zum Beispiel an die reine kleine Terz 6 : 5. In dieser kompakten Form ist das Intervall ziemlich konsonant, obwohl seine oft überraschende Größe für Spieler, die nicht mit mitteltönigen Stimmungen arbeiten, ungewohnt ist. Seine Umkehrung, die große Sexte, hat eine numerisch „kleinere“ Proportion 5 : 3 und ist tatsächlich leichter zu hören und schwebungsfrei einzustimmen. Größere Intervalle, die durch Oktavtransposition einer der Töne entstehen, namentlich die Proportionen 10 : 3 (große Tredezime) oder 12 : 5 (kleine Dezime) – sind schwieriger akkurat zu stimmen als ihre jeweils kleineren Oktavverwandten. Im Gegensatz hierzu steht die Naturseptime 7 : 4. Obwohl sie konsonant ist, ist der erste Eindruck für viele Musiker und Hörer ungewohnt und führt zu Unsicherheiten hinsichtlich ihrer genauen Stimmung. Wenn aber dieses Intervall um eine oder zwei Oktaven auf 7 : 2 beziehungsweise 7 : 1 gespreizt wird, wird seine Klangfülle (und damit seine Konsonanz) selbst- und unmissverständlich.

Ich habe mehrere Fassungen der oben beschriebenen „Cucumber“-Textur ausgearbeitet, mit verschiedenen Besetzungen und verschiedenen Flageoletts als Ausgangspunkt. Zum Beispiel nutzt der Abschnitt „Helmholtz’s Sirens“ meines Gitarrentrios „Surface slips away“ (2014) die Flageoletts der Skordatur des Stücks. Der Titel „Cucumber Serenades“ ist eine Antwort auf die Bitte des Künstlers Lorenzo Pompa um eine Begleitmusik zu einer Reihe von Skulpturen mit Gurken, die in Salz eingebettet sind. Zusammen haben wir eine Zuspielfassung und Künstleredition hergestellt und sie „Epistolae Cucumeris“ genannt.

„String Quartet 2“

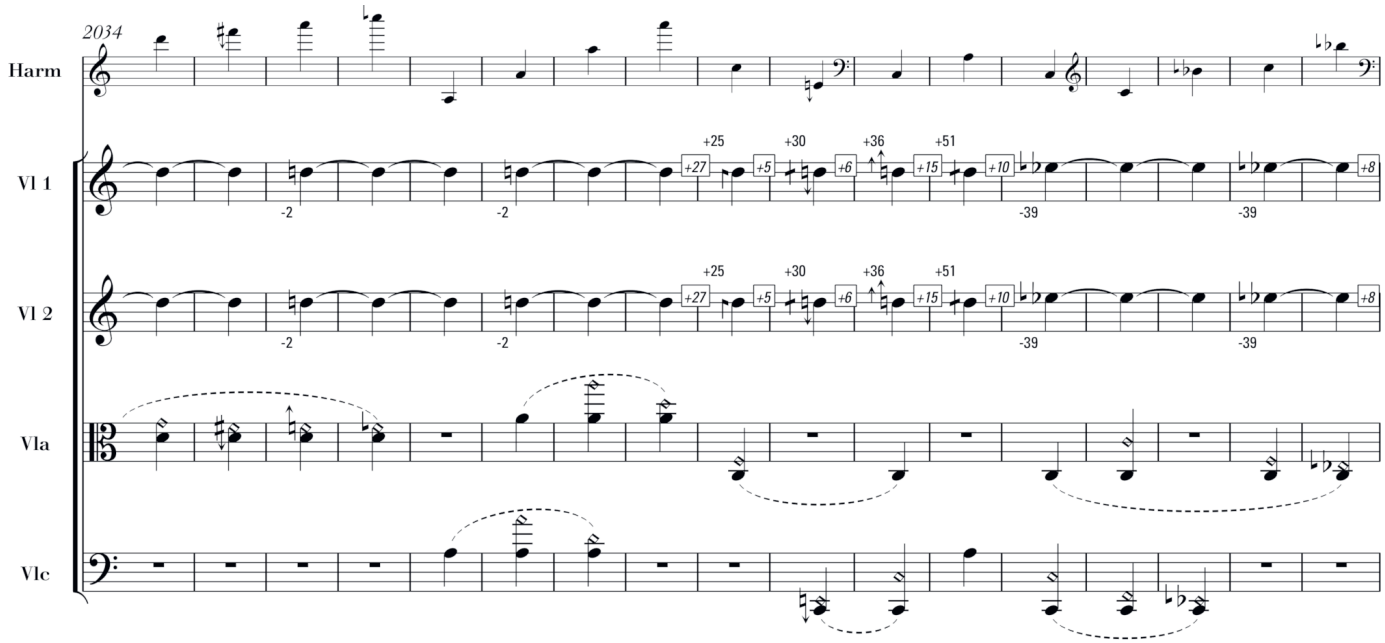
Diese „Cucumber Variation“ habe ich 2010 komponiert. Zunächst schrieb ich eine „Anti-Streichquartett“-Version, in der die Linie der Solovioline heruntertransponiert wurde, um sie vollständig dem Cello zu übergeben und sie von den anderen drei Instrumenten mit Flageoletts begleiten zu lassen. Der Chorpart beinhaltet in diesem Fall auch die siebten Teiltöne der leeren Saiten. Nachdem ich die Uraufführung in Los Angeles[9] gehört hatte, entschied ich mich, das Stück umzuschreiben. Jetzt teilen alle vier Instrumente die Verantwortung gleichmäßig unter sich auf und übernehmen die ansteigende Linie nacheinander. Aus dieser Revision ergeben sich drei Übergänge zwischen den Spielern. Jeder Übergang besteht aus einer

system ist auf www.plainsound.org zu finden.

7 Ein Auftrag von Gerhard Uebeles „Violinale“ Festival in Berlin.

8 „KOAN“ besteht aus Intervallen zwischen dem Unisono und der reinen Quinte, mit hinzugefügten Kombinationstönen.

9 Die erste Version des „String Quartet 2“, die inzwischen zurückgezogen und revidiert worden ist, wurde vom Formalist Quartet 2010 in der Villa Aurora aufgeführt.



Ausschnitt aus dem dritten Solo-Linien-Übergang (zwischen zwei Violinen) im „String Quartet 2“. Im „Harm“-System sind die klingenden Töne des Flageolettchors angegeben. Die stimmbaren 23-Limit-Intervalle sind in HEJI-Notation geschrieben.

Reihe von Takten, in der jeweils zwei Spieler die mikrotonale Solostimme verdoppeln und allmählich überblenden. Durch die kleinen Abweichungen, die unvermeidbar entstehen, wenn zwei Spieler sich im Unisono in sehr kleinen nicht-temperierten Schritten bewegen, wird eine warme Farbe eingeführt, die zu den kalten, reinen Intervallen, die im Rest des Stücks dominieren, einen Kontrast bildet.

Die Computermusik, welche die Melodie der natürlichen Teiltöne führt, wurde ebenfalls leicht verändert, um die harmonische Klarheit im tiefen Register dieser Fassung klanglich zu verdeutlichen. Immer, wenn die Periodizität des Intervalls zwischen Solostimme und Streicherchor im Sub-Audiobereich liegt, wird diese Frequenz als Amplitudenmodulationsvibrato der entsprechenden elektronischen Töne hinzugefügt. Außerdem habe ich den Computerpart durch ein dritte Ebene von nur sporadisch auftretenden Akkorden ergänzt.

Die Akkorde sind einer Familie von Aggregaten entnommen, die sich aus der Unterteilung der Frequenzdifferenz jedes stimmbaren Intervalls in gleich große Teile ergeben. Die dreifache Oktave 1 : 8 zum Beispiel ist als Zweiklang eine schwache Konsonanz. Eine Hinzufügung der Oktave unter dem Summationston, 2 : 9 : 16 kann ihrem Klang eine größere Fülle verleihen. In Akkorden, die auf diese Weise aufgebaut sind, weisen benachbarte Töne jeweils den gleichen Differenzton auf. Im Beispiel oben rechts ist (16 – 9) = (9 – 2) = 7. Die auf diese Weise gebildeten Akkorde erzeugen den Eindruck spektraler Verschmelzung und binden die beiden äußeren Teile zusammen. Eine Variation dieser Technik, die ich in meinen letzten Stücken verwende, fügt Intervallen Töne hinzu, die anstelle des Unisono einfache Differenzton-Akkorde ausbilden.

„Euler Lattice Spirals Scenery“

Kurz nach meiner Ankunft in der Villa Massimo, wo ich 2011 ein Stipendium hatte, führte ich ein Telefonat mit dem Komponisten Ben Johnston (1926–2019), das meine Musik nachhaltig verändern sollte. Ich hatte ihm eine Aufnahme meines Blechbläsertrios „Hairy Hippy Happy“ geschickt und war neugierig darauf, was Ben, der selbst einige der heikelsten Stücke in reiner Stimmung komponiert hatte, die ich kannte, dazu sagen würde.

Während unseres Gespräches war er wie immer liebenswürdig und verständnisvoll, lobte die Komplexität der Klangkonstruktion und die klare formale Logik. Aber dann formulierte er eine deutliche Kritik. Trotz ihrer strukturellen Klarheit war er nicht in der Lage, meine Musik zu entschlüsseln; auf der Ebene des intuitiven Zuhörens erschien sie ihm abstrakt und emotional undurchsichtig zu sein. Johnston räumte ein, dass dies vollkommen legitim sein könnte – schließlich war einer seiner engsten Verbündeten James Tenney, der die Verbindung von Emotion und Musik rundheraus ablehnte – und sprach über seine eigene Suche nach der Integration von kompositorischer und emotionaler Logik, um die von ihm sowohl konzeptuell als auch persönlich gedachte Musik zu verstehen.

Vielleicht entzieht sich dieser Ansatz einer klaren Formulierung, aber ich bin zu dem Schluss gekommen, dass genau dies seinen besten Stücken, wie dem fünften Streichquartett, ihre herausragende Qualität verleiht. Ben

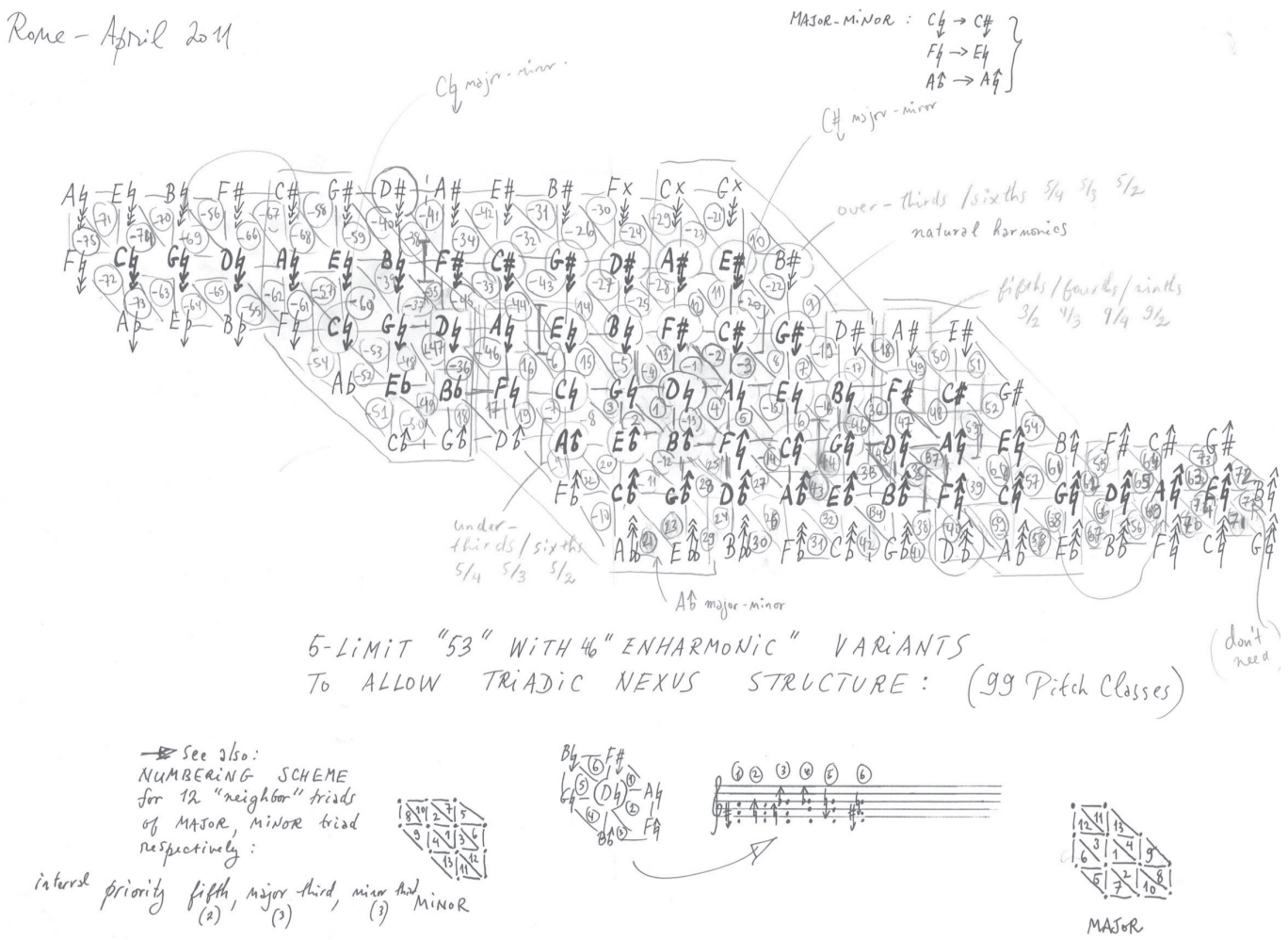
10 In meinem Orchesterstück „The Luminiferous Aether“ zum Beispiel habe ich damit begonnen, die klangvollen Viertelton-Tetrachorde 10 : 12 : 13 : 15 und 8 : 9 : 11 : 12 mit den Differenztönen zwischen aufeinanderfolgenden Tönen 2 : 1 : 2 beziehungsweise 1 : 2 : 1 zu nutzen.

konnte mir keine konkreten Mittel benennen, wie diese Art von Sensibilität zu erreichen ist, aber seine Fragestellung hat mich dazu gebracht, selbst danach zu suchen. Indem ich meine Art einer systematischen Entscheidungsfindung unterbrach und stattdessen die rohen Klangfolgen, die ich skizziert hatte, mehrfach wiederholte, wurde ich dazu gezwungen, mich mit meinen eigenen Antworten auseinanderzusetzen und mich zu fragen, wie ich diese Klänge in der Zeit empfand. Nach diesem Gespräch komponierte ich das Streichquartett „Euler Lattice Spirals Scenery“, gefolgt von einem Kammerkonzert für Klavier und vierzehn Instrumente, „Lying in the grass, river and clouds“ (2012), das auf meinem streng systematischen Klavierstück „to Damascus“ (2007) beruht. Obwohl beide Werke rigoros das gleiche Material durchlaufen, denke ich, dass ein markanter Wandel im musikalischen Ausdruck, der sich in meinen anschließenden Kompositionen fortsetzt, deutlich zu hören ist.

Der zentrale Satz dieses neuen Streichquartetts, den ich „Harmonium for Ben Johnston“ genannt habe, ist aus diesem Gespräch entstanden. Es handelt sich dabei um eine persönliche wie auch künstlerische Hommage. Johnstons zehn Streichquartette sind für mich die wichtigsten Werke, die in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts für diese Besetzung geschrieben worden sind. „Harmonium“ folgt einem spiralförmigen Pfad von Moll- und Durdreiklängen, die durch einen erweiterten 5-Limit-Tonraum wandern und dabei einigen der Netze ähneln, die Ben in seinen früheren Werken verwendet hat. Obwohl das Stück auf einer systematischen Anordnung aller möglichen Dreiklangsfortschreitungen mit gemeinsamen Tönen gründet und symmetrisch um einen Mittelpunkt herum angelegt ist, lösten sich meine mathematischen Konstruktionen während der Komposition in eine organische musikalische Oberfläche auf.

Allmählich nahm die gesamte fünfteilige Form des Streichquartetts um diesen Satz Gestalt an. Es beginnt mit erweiterter Intonation, um die Stimmung der leeren, Saiten auf reine, untemperierte Quinten, schattiert von kurzen harmonischen Ausflügen, einzuführen. Darauf folgt der erste von zwei kurzen Sätzen, „Pythagoras Drawing“ 1 und 2, die klangvolle 3-Limit-Intervalle zwischen den leeren Saiten und den Teiltönen 2, 3, 4, 6, 8 ausbreiten. Der dritte Satz, „Harmonium for Claude Vivier“, verwendet die ersten neun Teiltöne aller leeren Seiten (führt das 7-Limit ein). Die Form manifestiert sich in einer langen, ekstatischen Melodie, die im Unisono und zweistimmigen Kontrapunkt frei umherschweift, mit gelegentlichen Akkorden, die den verfügbaren Tonraum systematisch entfalten.

Skizze des 5-Limit-Tonnetzes, das das formale Fundament von „Harmonium for Ben Johnston“ als Teil des Stücks „Euler Lattice Spirals Scenery“ (2011) bildet. Die umkreisten Zahlen zeigen die Taktzahlen der entsprechenden Dreiklänge an.



„Asking ocean“

Fünf Jahre später lud mich das Ensemblekollektiv Berlin ein, das bereits vorhandene, für das Sonar Quartett geschriebene Stück „Euler Lattice“ zu einer neuen Komposition für das ganze Ensemble zu ergänzen oder abzuwandeln. Daraus entstand „Asking ocean“, ein fünfundvierzigminütiges Konzert für Streichquartett und achtzehn Instrumente, in dem das frühere Quartett enthalten und mit verschiedenen Mitteln transformiert worden ist.

„Prelude“ und „Interlude“ stellen neues Material vor, das die Stimmung der verschiedenen zusätzlichen Skordaduren (Naturtrompete, Cembalo, Harfe, Streichtrio, Viola da gamba) ermöglicht. Die Zwischenspiele „Pythagoras Drawing“ 1 und 2 harmonisieren pythagoreische Klänge mit höheren Teiltönen, die vom Ensemble gespielt werden. „Harmonium for Ben Johnston“ behandelt die sich mikrotonal verschiebenden Kommas im 5-Limit-Teil des Quartetts als „normal-klingende“ konsonante Grundlage, der zunehmend entfernt klingende, „normale, fast temperierte“ Töne vom Ensemble gegenübergestellt werden. Sie verbinden sich mit den reinen Dreiklängen des Ensembles zu Aggregaten mit verschiedenen höheren Ober- und Untertönen.

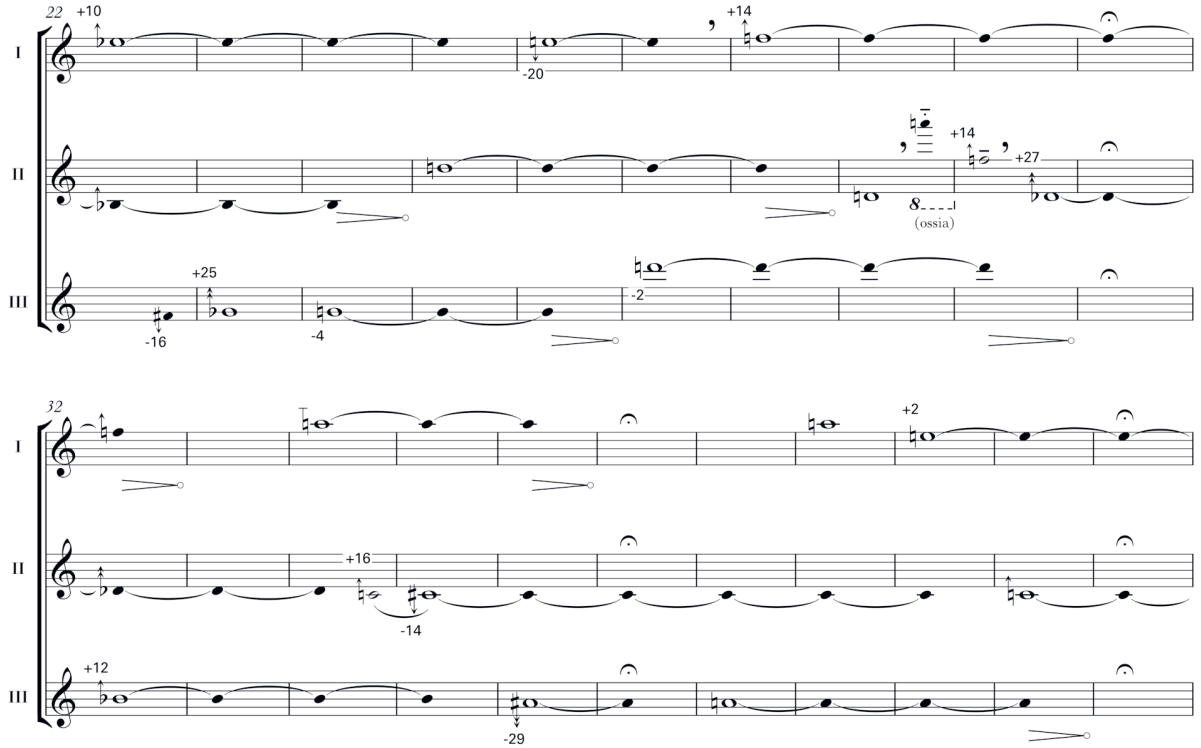
„Jean-Philippe Rameau“

Der Komponist und Theoretiker Jean-Philippe Rameau schreibt in seinem Traktat „Génération harmonique“ über enharmonische Modulationen, die durch den Wechsel von hoch- zu tiefalterierten Tönen bewirkt werden, sowie über Schwierigkeiten, denen er trotz seiner fortgesetzter Bemühungen, solche „mikrotonalen“ harmonischen Fortschreitungen einzusetzen, begegnet ist. Der Zuhörer wird magisch von einer Welt in die andere versetzt, sagt Rameau, und spürt die „Härte“ des Vierteltonschritts auch dann, wenn er wegen der Temperatur nicht explizit ausgedrückt wird. Nur die bereitwillige Zusammenarbeit guter Musikern ermöglicht die überzeugende Umsetzung eines solchen Wechsels.

„Jean-Philippe Rameau“ (2012) ist als dreistimmiger, umkehrbarer Kontrapunkt für jede denkbare Instrumentalbesetzung geschrieben, einschließlich einer speziell für Streichquartett hergestellten Fassung. Die Partitur versucht, einen körperlichen Ausdruck für die tonalen Bewegungen, wie sie von Rameau skizziert wurden, zu finden und sie mit wechselnder Klangfarbe und Registrierung zum Klingen zu bringen.

Töne, die sich um enharmonische Intervalle unterscheiden – um eine Diesis oder ein syntonisches Komma – werden harmonisiert und als melodische Intervalle gesetzt, wobei die Grenze der Wahrnehmbarkeit ausgelotet wird. Mit jeder Wiederholung tauschen die Instrumente die Stimmen, bis jeder Spieler jede Stimme gespielt hat. Im Unterschied zu Rameau denke ich, dass umfassende musikalische Wahrnehmung dieser Harmonien sowohl Kontext als auch spezifische Intonation verlangen.

Mein jüngstes Werk „Inner voice“, schreibe ich für den Gitarristen Seth Josel und das Quatuor Bozzini. Es verbindet eine skordierte elektrische Gitarre und computergenerierte elektrische Tanpura-Klänge mit einem Streichquartett. Ich begann die Komposition mit der Suche nach einer systematischen Sortierung von Akkorden, die als Proportionen von drei Frequenzen ausgedrückt werden.



Ausschnitt aus „Jean-Philippe Rameau“ mit drei verschiedenen Konfigurationen der Diesis zwischen enharmonisch verwandten Tönen (Fis zu Ges, Des zu Cis, B zu Ais)

Die Musik skizziert Linien, Akkorde, Melodien und Kontrapunkt um die Progressionen, die aus dieser Kalkulation resultieren.

Anordnung von Aggregaten nach relativer Dissonanz

Proportionen benennen Intervalle auf Grundlage der distinkten polyrhythmischen Pulsation ihrer Frequenzen im Verhältnis zueinander. Die Unempfindlichkeit dieser Relation gegenüber ihrer Transposition – nicht aber, wie oben festgestellt, gegenüber ihrer Umkehrung, erlaubt, dass ein Intervall in allen Registern gewisse Eigenschaften beibehält, auch dann, wenn seine Periodizität (sein gemeinsamer Grundton) sich dem Subaudiobereich nähert und zu grummeln beginnt, oder wenn sein tiefster gemeinsamer Partialton in einem Bereich über 4000 Hertz liegt, in dem die Tonhöhenunterscheidung und damit der Intervallcharakter an Bedeutung verliert.

Das gerade angedeutete Verhältnis – die Proportion zwischen dem tiefsten gemeinsamen Partialton und dem virtuellen Grundton, die durch vollständig gekürzte Brüche a/b als Proportion 1 : ab ausgedrückt wird – ist neben vielen anderen eine der einfachsten numerischen Beschreibungen der relativen Dissonanz beziehungsweise der harmonischen Distanz. Das zuerst (zirka 1563) von Giambattista Benedetti in einem Brief an Cipriano de Rore beschriebene Maß wurde von James Tenney in folgender Form adaptiert: $HD = \log_2(ab)$

Da a/b immer als Produkt der Potenzen α_i der Primzahlen p_i eindeutig ausgedrückt werden kann,[11] ist Tenneys harmonische Distanz eine Summe der Distanzen $|\alpha_i| \log_2 p_i$ entlang der Achsen des harmonischen Tonraums. Mit anderen Worten misst es den kürzesten Weg, auf dem a und b durch absolute Konsonanzen (Intervalle der Form 1 : p) miteinander verbunden werden können. Ein anderes mögliches Maß für die relative Dissonanz, das ebenfalls von James Tenney definiert wurde, setzt die Anzahl der Partialtöne von a und b bis zum gemeinsamen Partialton ins Verhältnis zu der gesamten harmonische Reihe über dem virtuellen Grundton. Die dadurch gegebene Proportion wird Überschneidung („Intersection") genannt: $I = (a+b-1)/ab$

Es gibt mehrere andere algorithmische Maße für die Harmonizität oder die relative Konsonanz von Intervallen und Akkorden. Berühmt ist Leonhard Eulers „gradus suavitatis", der die Anzahl n der enthaltenen Primfaktoren p_i von ihrer Summe $S(p_i)$ subtrahiert und 1 addiert: $GS = S(p_i) - n + 1$

Clarence Barlow erfand sein „Schwerverdaulichkeits-Maß" („Indigestibility") auf Grundlage von Eulers Ansatz, indem er eine Formel entwickelte, die die Harmonizität von Primzahlen größer als 5 reduzierte, um seinen eigenen kompositorischen Vorlieben Rechnung zu tragen.

11 Nach dem Fundamentalsatz der Arithmetik.

Eine weitere Möglichkeit ist die Baumstruktur der Farey-Folgen, die alle vollständig gekürzten Proportionen bis zu einem festgelegten maximalen Nenner auf einer Skala von 0 bis 1 anordnen.[12] Die (mathematische) Mediante zweier Proportionen ist notwendig derjenige vollständig gekürzte Bruch mit dem kleinsten Nenner, der zwischen ihnen liegt. Zum Beispiel ist der numerisch „einfachste" Bruch zwischen 5/4 und 4/3 $(5+4)/(4+3) = 9/7$. Diese große septimale Terz ist um eine septimale Diesis 36 : 35 (zirka ein Viertelton) größer als die normale große Terz.

Die dissonantere Proportion ist nicht mehr epimorisch – die Differenz zwischen Zähler und Nenner ist nicht mehr 1 – das heißt, das Intervall liegt nicht mehr zwischen zwei benachbarten Teiltönen einer Teiltonreihe. Eine Verallgemeinerung dieses Sachverhalts führt mich zu einem Maß, das ich Dispersion genannt habe. Für einen vollständig gekürzten Akkord $a_i:\ldots:a_n$ wird die Differenz der äußeren Teiltöne, die den Akkord umfassen, mit der Anzahl der unterschiedlichen Töne im Akkord (n) ins Verhältnis gesetzt: $D = (a_n - a_1 + 1)/n$

Für den Einklang und für jeden Ausschnitt der harmonischen Reihe, wie den epimorischen Intervallen n+1/n, dem Dreiklang 4 : 5 : 6, oder dem septimalen Vierklang 6 : 7 : 8 : 9 ist die Dispersion gleich 1. Für absolute Konsonanzen 1 : n ist die Dichte wie bei der Benedetti-Distanz gleich n.

Benedetti-Distanz, Tenney-Überschneidung und Eulerscher Suavitatis können jeweils auf Klänge aus mehr als zwei Tönen übertragen werden. Die Benedetti-Distanz oder der tiefste gemeinsame Teilton wird aus dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen $kgV(a_i)$ berechnet. Dies entspricht der Anzahl der Teiltöne vom virtuellen Grundton bis zum tiefsten gemeinsamen Vielfachen des Aggregats. Die Tenney-Überschneidung vergleicht diesen Wert mit der Nummer der klingenden Teiltöne bis zum tiefsten gemeinsamen Teilton – das sind Töne, die Vielfache eines a_k des Aggregats sind.

Mein Stück „Inner voice" ist auf einer algorithmisch generierten Sequenz von zwei- und dreistimmigen Akkorden aufgebaut, die aufsteigend nach ihrem Dissonanzgrad sortiert sind, wobei eine Kombination aus mehreren oben beschriebenen Maßstäben zur Anwendung gekommen ist: eine Begrenzung des Registers, der Primfaktoren, der harmonischen Distanz, der Überschneidung und der Dispersion sowie eine Sortierung nach dem Außenstimmenintervall. Die exakte Balance der Parameter habe ich experimentell bestimmt, durch einen Vergleich der jeweils resultierenden Anordnung mit meiner eigenen Wahrnehmung.

12 Eine umfassende Erörterung der Farey-Folgen und ihrer musikalischen Anwendung auf natürliche Flagoletts und Mehrklänge wird demnächst in einem gemeinsam mit Thomas Nicholson verfassten Artikel, „Farey Sequences Map Playable Nodes on a String" in TEMPO erscheinen.

Für jeden Akkord ist der wichtigste und klangvollste Frequenzbereich durch die Bestimmung des geometrischen Mittels der Tonhöhen festgelegt, deren virtueller Grundton über 20 Hertz und deren tiefster gemeinsamer Partialton unter 3200 Hertz liegt.[13] Für Akkorde, die ein gemeinsames Außenstimmenintervall haben, wird das arithmetische Mittel dieser optimalen Frequenzbereiche gebildet und als gemeinsame Tonhöhe festgelegt. Dadurch wird der Bereich der relativen Dissonanz über jedem feststehenden Rahmenintervall angehoben und durch eine Mittelstimme ausgedrückt, die sich zwischen verschiedenen Frequenzen bewegt und dabei eine melodische Phrase in reiner Stimmung ausprägt. Die Verwendung des geometrischen Mittels (im ersten Teil des Algorithmus) ermöglicht bei der Bewegung zwischen Rahmenintervallen Schritte mit irrationalen Verhältnissen. Diese Schritte erzeugen irreguläre Schwebungen, die in einem hörbaren Kontrast zur ansonsten schwebungsfreien Verschmelzung der Sonoritäten in reiner Stimmung stehen.

Während der Komposition begann ich, mit der enharmonischen Suchfunktion des von Thomas Nicholson implementierten Javascript-HEJI-Rechners auf der Plainsound-Internetseite zu spielen. Ich hielt nach Proportionen der algorithmisch generierten Frequenzen in einem Toleranzraum von einem Cent Ausschau, die relativ übersichtlich notierbar waren. Das Resultat brachte mitunter überraschende Bewegungen im harmonischen Raum mit sich, die ich als kurze modulierende Zwischenspiele auskomponierte. In anderen Fällen ließ ich die Tonverwandtschaft undefiniert und beschränkte mich bei der Notation der nächsten Tonfolge auf Cent-Abweichungen. Dieser Hybrid aus adaptiver reiner Stimmung und „irrationalen" Übergangsmomenten wird vom Klang der elektrischen Tanpura widergespiegelt. Diese etabliert stabile Schichtungen rationaler Intervalle, die eine periodische Verschmelzung in den Akkordfolgen mit gleichbleibendem Außenintervall erzeugen. Eingesprengt finden sich weichgezeichnete, schwebende Harmonieverschiebungen. Das zeigt sich ebenfalls bei der Gitarre, die zwar ein normales Griffbrett mit Bünden in 12ED2 hat, aber in einer subtilen Skordatur (von unten nach oben: E, A–33, D–33, F#+33, B+33, E) gestimmt ist. Der Gitarrist erzeugt JI-Klänge her, indem er die Saiten nach dem Gehör entsprechend der Elektronik und dem Quartett leicht verzieht. Diese Bendings sind als Centabweichungen nach oben gegenüber der nächstliegenden Saite notiert.

13 Ich habe die Obergrenze von 3200 Hertz gewählt, damit die geometrischen Mittelwerte in einem relativ tiefen Register liegen, weil ich persönlich die klangvolle Spannung der Akkorde in diesem Register mag. Aus einer höheren Obergrenze (4000 Hertz oder höher) würden sich weichere Klänge ergeben.

Conclusio

Die Klangfarbe der Streichinstrumente ist für die detaillierten harmonischen Texturen meiner Stücke besonders geeignet. Wenn ich für Streicher schreibe, arbeite ich gelegentlich mit speziellen Skordaturen, wie in dem Quartett „LIGHT GROUND" (2014–2019) für Geige, Bratsche und zwei Kontrabässe oder im Ensemblepart von „Asking ocean". Meistens ziehe ich es jedoch vor, die leeren Seiten zuverlässig und konsequent in reinen pythagoreischen Quinten zu stimmen, um ein größeres Maß an Beweglichkeit zu ermöglichen. Diese Orientierung ermöglicht es, Akkorde zwischen den leeren Saiten und natürlichen Flageoletts zu erzeugen, sicherer in höheren Lagen zu spielen und damit auf ein größeres Repertoire aus JI-Sonoritäten zurückgreifen zu können. Viele dieser Klänge können nicht nur als Doppelgriffe erlernt und gespielt, sondern auch als melodische Schritte in bewegt fließender Musik gespielt werden. Die klassische Besetzung des Streichquartetts, die der Teiltonreihe folgt (Cello-Viola im Oktavabstand, Viola-Violine im Quintabstand, mit nach oben kleiner werdenden Intervallen) deckt den klarsten Frequenzbereich für harmonische Klänge mit einer wunderbar differenzierten und homogenen Farbe ab, und bietet die Möglichkeit, einen Kontrapunkt von bis zu acht Stimmen zu schreiben. Es bleibt eine der ausgewogensten Besetzungen für (mikro)tonale Musik.

In meiner Musik arbeite ich mit einer kontinuierlichen Differenzierung von Sonoritäten durch relative Dissonanz, indem ich in ihre charakteristische periodische Signatur hineinhöre, die innere Rhythmen erweckt und neue Kontrapunkte herausbildet. Weil ihre Wahrnehmung dem analytischen Hören ähnelt, ist die Komposition solcher Intervalle aufs Engste an ihre Besetzung gebunden, an das Auf- und Abtauchen der Instrumente, an Farbe, Sättigung und Fokus. Diese Qualitäten werden besonders reizvoll, wenn sie auf Kombinationen mit Stimme, Bläsern, Elektronik oder neu erfunden Instrumenten[14] ausgedehnt werden. Mir scheint, dass die musikalische Erforschung harmonischer Sounds, von Tonalität, mit vielen Instrumenten von gemischter Klangfarbe, durch ein Denken im erweiterten harmonischen Raum der reinen Stimmung in hohem Maße bereichert wird.

14 Wie Ellen Fullmans bemerkenswertem Long String Instrument, das durch die Anregung von Longitudinalwellen auf Saiten mit bis zu vierundzwanzig Metern Länge mit kolophonierten Fingern gespielt wird.