

How can order be established out of noise?

Notation

zwischen Klang und Architektur



Samuel Zwerger, BSc

How can Order be established out of Noise?

Notation zwischen Klang und Architektur

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen – Bauwesen

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuerin

Ass.Prof. Mag.art. Dr.phil. Daniel Gethmann

Institutsname

Institut für Architekturtheorie, Kunst- und Kulturwissenschaften

Graz, Oktober 2016

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

Index

	Einleitung	6
	Glossar	10
1	Philips Pavillon	16
	„De bouw van het Philips-Paviljoen“	28
	Poème Électronique	32
2	Iannis Xenakis	38
	Hören	54
3	Musikalische Notation um 1950	56
	Experimentelle Methoden der Aufzeichnung	66
4	Klang/Morphologien	70
	Thermodynamik und Stochastik	80
5	Jenseits von Statik	84
	Kybernetik	98
6	Zwischen Fragment und Kontinuität	102
	Acoustic Space	118
7	Architektonische Aufzeichnungen	120
	Immersive <i>Environments</i>	138
8	Vom Rauschen zum Rausch	140
	Schluss-bemerkungen	156
	Anhang	160

Einleitung

*„But possessing something out of love or hate is perhaps one form and consequently, the only possible form of knowledge.“**

Iannis Xenakis

Im Jahre 1976 verteidigte Iannis Xenakis sein Schaffen an der Université Paris-Sorbonne zur Erlangung des *Doctorats d'Etats*. Eine illustre Runde an Kritikern und Bewunderern befragte ihn zu seiner Präsentation und seinen Thesen, welche er anhand seiner Werke und Kompositionen darlegte. Neben Michel Ragon, Olivier Revault d'Allonnes, Olivier Messiaen und Bernard Tysedre war Michel Serres, der französische Philosoph, Teil der Jury. Serres stellte sehr präzise Fragen, welche auf das Zusammenspiel von architektonischen und musikalischen Strukturen abzielten und sich zunehmend auf eine Kernfrage hin zuspitzten, welche Serres am Ende des Gesprächs selbst aussprach: „*Can order be established from Noise?*“¹

Die zentrale Frage, wie man aus chaotischen Strukturen Ordnungen herstellen kann, die sich in Zeit und Raum artikulieren, soll in der vorliegenden Arbeit am Projekt des Philips Pavillons dargestellt werden. Den Rahmen für dieses außergewöhnliche Projekt bildete die Weltausstellung von 1958 in Brüssel, welche den Fortschritt und den Glauben an die Technik zum Thema hatte. Einen Teil dieses komplexen Projektes stellte das *Poème Électronique* von Le Corbusier und Edgar Varèse dar. Die eigentlich avantgardistischen Züge des Projekts fanden jedoch vielmehr in Iannis Xenakis ihren Ursprung.

Iannis Xenakis war visionärer Ingenieur, Komponist und Architekt. Bereiche wie Philosophie, Mathematik, Physik, Musik und Architektur umspannten sein breites Interessen- und Schaffensfeld. Hierbei ermöglichte ihm seine unersättliche Suche nach Kontinuität zwischen Kunst und Wissenschaft das Erkennen einer kompositorisch-gestalterischen Problemstellung. Seine offene Betrachtungsweise, die analytische und kreative Elemente integrierte, trug zu einer Lösung dieser Problemstellung bei. Grundlage dafür war seine experimentelle Aneignung von Notationsmethoden aus den Naturwissenschaften, durch die er sowohl musikalische als auch architektonische Strukturen entwickeln konnte.

1 „Est-ce qu'il peut y avoir un ordre à partir du bruit?“ Serres zit. nach Xenakis 1985, 110. Der Titel der vorliegenden Arbeit ist an diese Frage angelehnt.

Zentrales Werkzeug dieser Notationsmethoden waren die Ideen der Thermodynamik und der Stochastik. Die Erkennung, Berechnung und Kontrolle von Chaosstrukturen war das übergeordnete Ziel, das Xenakis in sein Schaffen integrierte. Dabei ging es immer wieder um Methoden der Sichtbarmachung und im Besonderen darum Phänomene künstlich zu erzeugen, die dem menschlichen Geist unerschlossen bleiben. Die Verbildlichung von Massenklangphänomenen war ein visuelles Mittel seine Klangvorstellungen zu konkretisieren. Durch diese transversale Anwendung von Notationen im Entwurf von Musik und Architektur konnte Xenakis die Divergenz der beiden Bereiche überwinden. In der vorliegenden Arbeit werden deshalb Xenakis' graphische Aufzeichnungen als zentrale Handlungsebene analysiert.

Dieser dialektische Prozess, welcher sich ständig zwischen architektonischem Entwurf und musikalischer Komposition bewegte, vollzog eine Aufhebung der fachspezifischen Entwurfsmethoden und brachte den Pavillon in seiner außergewöhnlichen Form hervor. Xenakis konnte damit eine neue Perspektive auf den bestehenden Diskurs aufzeigen, der nach Gemeinsamkeiten zwischen Musik und Architektur sucht. Gekennzeichnet war dieser Diskurs seit der Antike durch Begriffe wie Harmonie und Proportion, welche Xenakis zunehmend ablegen und sich in andere, weniger ideologische Bereiche vorwagen sollte.

Seine Arbeit am Philips Pavillon war maßgeblich von dieser zuvor beschriebenen Wissenschaft der Darstellungen geprägt, die mathematisch exakt und künstlerisch intuitiv operierte. Klang wurde dabei sowohl in der Entstehung als auch in der Umsetzung des Pavillons in den Vordergrund gestellt und fand sich in Methode, Entwurf und Erfahrung im Pavillon wieder. An den innersten Zusammenhängen des Pavillons lässt sich deshalb Xenakis' komplexe Herangehensweise, seine Gedankenexperimente und die zugrundeliegende Struktur seiner Methoden aufzeigen.

Das Alleinstellungsmerkmal dieses Gebäudes liegt darin begründet, vermeintlich chaotische und unproportionale Linien und Flächen zu ordnen – in

einer der Funktion des Gebäudes angepassten Logik. Xenakis vermochte es hier immateriellen Konzepten ein materielles Gegenstück zu geben. Zusätzlich birgt die Geschichte des Pavillons das Hören als zentrale kulturelle Praxis in ihrem innersten Kern, womit die sinnliche Erfahrung ins Zentrum gerückt wurde. Dieser Kultur des Hörens soll im vorliegenden Buch, durch die Methoden der Notation, Beachtung geschenkt werden, da sie ein architekturelevantes Thema darstellt, das sehr oft in den Hintergrund rückt.

Neben der Haupterzählung, bezogen auf Xenakis' Notationen, welche Chaos sowohl in der Musik als auch in der Architektur strukturierten und damit zum Philips Pavillon führten, soll anhand von Exkursen die Bandbreite der thematischen Vielfalt sowie eine Kontextualisierung von Xenakis' Methoden vorgenommen werden.

Hermann Scherchens Aussage, die im selben Maße auf Xenakis' Komposition *Metastaseis*, wie auch auf den Philips Pavillon zutrifft, beschreibt diesen umfassenden Kontext treffend: „In fact it does not come out of music at all, but from somewhere completely different.“²

2 Scherchen zit. nach Matossian 2005, 88.

Glossar

ACOUSTIQUE VISUEL

Ein metaphorisches Konzept, bei dem die umgebende Natur eines Gebäudes mit der Architektur in Resonanz treten sollte, ohne jedoch genauer auf akustische Faktoren einzugehen.

AKUSMATIK

Der Begriff Akusmatik (gr. *Akousma* „auditive Wahrnehmung“) bezeichnet Musik, deren Klangerzeugungsmittel nicht sichtbar und meist auch nicht identifizierbar sind. (Pierre Schäfer)

AKUSTIK

Die Akustik (gr. *akoyein* ‚hören‘) ist die Lehre vom Schall und seiner Ausbreitung.

ALEATORIK

„Als Aleatorik (lat. *alea* ‚Würfel, Würfelspiel, Risiko, Zufall‘[...]) im weitesten Sinne wird die Verwendung von Operationen bezeichnet, die zu einem unvorhersehbaren Ergebnis führen. Diese Operationen sind im Gegensatz zu denen serieller Kompositionsweisen, die gleichfalls zu unvorhersehbaren Ergebnissen führen können [...] nicht systematisch.“¹

1 Ebbeke 1994, 436.

AUDITIV

Das Hören, den Gehörsinn betreffend. Auf die menschliche Wahrnehmung bezogen.

DIVISI PARTITUR

Partitur, in der es keine Stimmgruppen gibt. Jedes Instrument spielt eine eigene Stimme, die sich von allen anderen unterscheidet.

ELEKTROAKUSTISCHE MUSIK

„Mittels akustischer Methoden wird Klang produziert, dessen Schwingungen über Mikrophone oder Tonabnehmer in elektrische Schwingungen umgewandelt, verstärkt und mittels Lautsprecher hörbar gemacht werden.“² Um die Mitte des 20. Jahrhunderts fand eine musikästhetische sowie verfahrenstechnische Wende in der Klangerzeugung statt.

ENTROPIE

„Mathematical function, rather than verbal description. A measure of the randomness, degree of order or chaos of a system.“³

2 Ungeheuer 1994, 1718.

3 Reichardt 1968, 14.

ESPACE INDICIBLE

Ein „unsagbarer Raum“, von Le Corbusier verwendeter Begriff.

FEEDBACK

„Return of a signal to a controller indicating the result of an action taken by that controller and used to determine further actions.“⁴

GLISSANDO

Ton (engl. *slide*.), der sich kontinuierlich in Zeit und Frequenz verändert.

GOLDENER SCHNITT

„Der Goldene Schnitt zerlegt eine gegebene Strecke in zwei ungleiche Abschnitte, deren kleinerer sich zum größeren verhält wie dieser zur ganzen Strecke.“⁵

GRAPHISCHE NOTATION

In den 1950er Jahren entwickelte Methode zur graphischen, zeichnerischen, bildenden Notation von Musikstücken, welche die klassische Notation nur zum Teil verwendeten und der freien Interpretation der Grafiken großen Wert beimaßen.

4 Reichardt 1968, 14.

5 Möller 1994, 1493.

KLANG

„Klang (engl. *Sound, Tone*) findet sich definiert als ‚mehrdeutige Bezeichnung für verschiedene akustische und musikalische Phänomene‘ – in der Tat also zwischen Physik und kultureller Semantik.“⁶

KYBERNETIK

„Study of messages as means of controlling machinery and society.“⁷

MODULOR

Von Le Corbusier entwickeltes Proportionsystem, in Anlehnung an den Goldenen Schnitt.

MUSIK

„Der Musikbegriff steht und fällt mit kultureller Semantik, mit Fragen nach der Bedeutung. Demgegenüber ist Klang weitgehend asignifikant, aber Baustein für musikalische Signifikation, gleich den tönenden Buchstaben des Vokalalphabets.“⁸

MUSIKALISCHE NOTATION

„Bezeichnet jene Zeichensysteme, welche die Reproduktion musikalischer Ideen ermöglichen. Das heute gängige

6 Ernst 2008, 1.

7 Wiener zit. nach Reichardt 1968, 5.

8 Ernst 2008, 1.

Notensystem geht auf das 17. Jahrhundert zurück und stellt ein präzises Aufzeichnungssystem dar, bei dem die Interpretation auf ein Minimum reduziert werden kann. Symbolische Zeichen werden für die Festlegung von Tondauer, Tonhöhe, Rhythmus und anderen Klangeigenschaften verwendet. Die Notation von Musik ist Schrift und damit ein Teilbereich allgemeiner Notationssysteme.“⁹

MUSIQUE CONCRÈTE

„Von Pierre Schäfer (1910-1995) eingeführte Bezeichnung für Musik, die technisch fixierte Ausgangsklänge verwendet und bei deren Auswahl und Verarbeitung von den empirischen Gegebenheiten der konkreten Hörwahrnehmung und den Möglichkeiten ihrer Dokumentation und Weiterentwicklung in modernen Techniken der Klangaufnahme und -verarbeitung ausgeht.“¹⁰

NACHHALLFORMEL

Von Wallace C. Sabine um 1900 erforschte mathematische Berechnung des Nachhalls in Räumen.

NOISE

„Any undesirable signal interfering with the transmission of a message. Usually random.“¹¹ Zentraler Begriff der Informationstheorie. Im deutschen Sprachgebrauch als Geräusch und Lärm verbreitet und damit negativ behaftet.

OBJETS SONORES

Von Pierre Schäfer geprägter Begriff für ein Klangobjekt, also einem aufgenommenen Klang, dessen Ursprung den Hörern verschlossen bleibt.

PIZZICATO

Gezupfter Ton auf einem Saiteninstrument.

SEMANTIK

Gr. *sēmaínein*, ‚bezeichnen‘, ‚zum Zeichen gehörig‘, Bedeutungslehre.

SERIELLE MUSIK

„Ist die Bezeichnung für Musik, in der sich reihenmäßige Strukturierungen des Klangmaterials nachweisen lassen.“¹²

SONISCHE, DAS

„Das Sonische meint weder Ton noch Klang, sondern deren operatives

9 Vgl. Möller 1994, 277.

10 Frisius 1994, 1834.

11 Reichardt 1968, 15.

12 Frisius 1994, 1328

Dazwischen. Das Sonische oszilliert zwischen dem Realen des Akustischen und dem Symbolischen des Klangs – ein dynamisches, operatives Dazwischen.“¹³

SOUNDSCAPE

Ein von Robert M. Schafer in den 1970er Jahren geprägter Begriff, der klangliche und akustische Umgebungen untersucht, vor allem vor dem Hintergrund eines von ihm konstatierten Zerfalls einer auditiven Klangkultur. Damit zusammen hängt der Begriff einer „akustischen Ökologie“ sowie seine Forschungsgruppe und sein Forschungsprojekt, das „World Soundscape Project“.¹⁴

SPATIAL MUSIC

Begriff, der die räumliche Wiedergabe von Musik und die räumliche Lokalisierung von elektroakustischen Wiedergabequellen beschreibt. Siehe auch Raummusik, *Spatial Audio*, *Spatialization*.

STOCHASTIK

Ziel (gr. *Stochos*). Fasst als Teilgebiet der Mathematik die Bereiche der Statistik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung zusammen.

SYNTHÈSE DES ARTS

Ein Hauptkonzept im Schaffen Le Corbusiers, der die in der Moderne getrennten Künste wieder zusammenführen wollte. Vor allem zwischen Malerei und Architektur sah er eine große Konvergenz.

UNISONO

Mindestens zwei Melodieinstrumente spielen einen kontinuierlichen Ton auf der selben Frequenz.

THERMODYNAMIK

Von Wärme und Kraft (gr. *thermo* und *dynamis*). Technische und statistische Wärmelehre.

HYPERBOLISCHES PARABOLOID

Ist eine mathematisch beschreibbare Fläche. Sowohl die Form, als auch die Ebenenschnitte können durch Gleichungen, ebenso wie durch die darstellende Geometrie konstruiert werden. Das windschiefe Rechteck wird aus zwei Scharen von Geraden (Erzeugende) gebildet. In ihrer gebauten Form weist es durch die doppelte Krümmung eine hohe Festigkeit auf.

13 Ernst 2008, 1.

14 Siehe dazu Schafer 2010.





1 Philips Pavillon,
kurz nach der Fertigstellung.

Philips Pavillon

Die Genese eines
Ausnahmeprojektes

*„I will not make a pavillon
for you but an electronic poem and
a vessel containing the poem; light,
colour, image, rhythm and sound
joined together in an organic
synthesis.“**

Le Corbusier

* *Space Calculated in Seconds*, 9.

Louis Kalff, künstlerischer Direktor der Firma Philips, trat im Jahre 1956, angeregt durch die Kapelle in Ronchamp (►2), an Le Corbusier heran, um ihn für den Entwurf eines etwas unüblichen Architekturprojektes zu gewinnen. Die Idee war es, einen Pavillon für die Weltausstellung 1958 in Brüssel zu entwickeln, in welchem Produkte der Firma Philips vorgeführt werden sollten. Le Corbusier reagierte impulsiv, indem er vorschlug, keine Fassade, sondern ein *Elektronisches Gedicht* und dafür einen „Behälter“ zu entwerfen, der nur ein Innen und kein Außen haben sollte. Eine bemerkenswerte Reaktion, welche sich in erster Linie nicht an den Entwurf einer Architektur richtet, sondern vielmehr an die Herstellung eines virtuos und gewagt anmutenden Experiments. Die Weltausstellung fand unter dem Motto „Technik im Dienste des Menschen. Fortschritt der Menschheit durch Fortschritt der Technik“ statt. Im selben Zeitgeist war der Pavillon entstanden und war wohl der fortschrittlichste in Konzeption, Technologie und Methodik.

Die Firma Philips, welche seit den 1930er Jahren Technologien zur Klang- und Bildwiedergabe entwickelte, wollte im Pavillon ihre Produkte nicht als Objekte, sondern in ihrer Anwendung zeigen. Diese dem Pavillon zugrundeliegende Idee wusste Le Corbusier sofort für seine eigenen Visionen zu nutzen. Das Projekt, welches elektronische Klangerzeugung, dessen Wiedergabe und die Projektion von Bildern in einer eigens dafür geschaffenen Architektur kombinierte, kam seinem Bestreben einer *synthèse des arts* sehr nahe. Für den klanglichen Teil des *Poèmes* engagierte Le Corbusier Edgar Varèse, um eine elektroakustische Komposition zu entwickeln. Dem Weg zur Architektur für dieses Gedicht soll in diesem Buch ein besonderes Augenmerk geschenkt werden.

Der realisierte Pavillon fasste in etwa fünfhundert Besucher, welche von morgens um 10 Uhr bis abends um 19 Uhr alle zwanzig Minuten eine Vorstellung des achtminütigen *Poème Électronique*, einer Synthese aus Bild, Licht, Klang und Raum besuchen konnten. Die Anzahl der Besucher wuchs für die Gesamtzeit der Ausstellung (20. Mai – 19. Oktober) auf eine geschätzte eineinhalb



2 *Acoustique Visuel*, Kapelle Notre
Dame du Haut, Ronchamp

Million, für insgesamt 3.013 Performances, welche vollautomatisiert abliefen.¹ Das Gebäude selbst bestand aus neun, steil aus dem Boden ragenden und an drei spitzen Punkten zusammengeführten hyperbolischen Paraboloiden². Ihre exzellenten statischen Eigenschaften sowie ihr gestalterisches Potential wurden noch nie zuvor derart konsequent und bewusst eingesetzt. Ausgeführt wurden die Flächen in vorfabrizierten Modulen, die vor Ort mit Hilfe eines Lehrgerüsts wieder zusammengefügt wurden. Gespannte Stahlseile, welche an die Rahmen der hyperbolischen Paraboloiden, also verankert waren, hielten das gesamte Gebäude in Spannung. Trotz der sehr komplexen äußeren wie inneren Form, befand sich der Pavillon jedoch materiell in einem starken Gleichgewicht und einer hohen Ordnung von Flächen. Das metallisch anmutende Äußere wurde durch einen Anstrich hervorgerufen, der die Oberfläche homogenisierte.

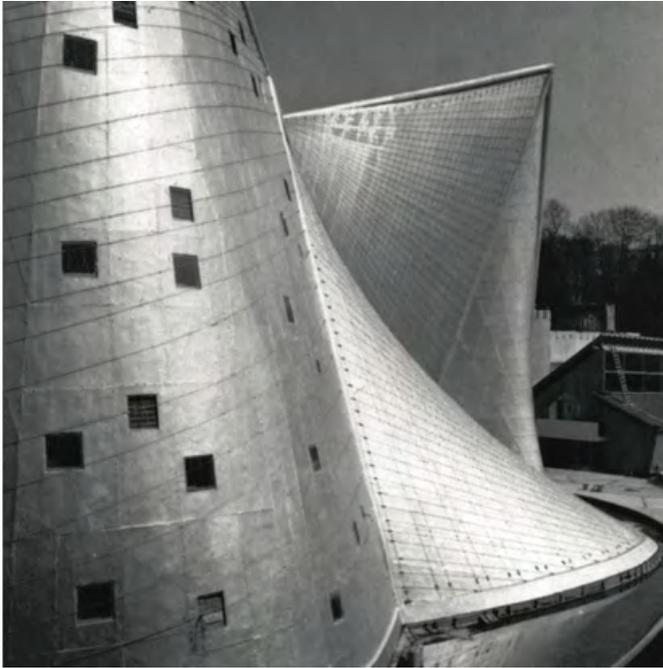
1 Vgl. Wever 2015, 123.

2 Siehe Glossar.

Die Genese des Architekturentwurfs war, wie das gesamte Projekt, von transdisziplinären Zusammenhängen gekennzeichnet und stellte in seiner Gesamtheit ein Novum in der Ingenieurskunst dar, welches nur unter diesen besonderen Rahmenbedingungen auf diese Weise entstehen konnte. Nur durch die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure mit spezifischem Fachwissen (Architektur, Musik, Elektronik, Film, Lichttechnik, Akustik, Baustatik) konnte das Projekt realisiert werden.

Le Corbusiers Hauptinteresse am *Poème Électronique*, seine rege Reisetätigkeit und sein Bestreben, eine mathematische Architektur zu konzipieren, waren ein glücklicher Umstand, der Xenakis' Wunsch entgegenkam, ein Gebäude zur Gänze selbst zu entwerfen; seine Haupttätigkeit bis d. h.n war weniger das Entwerfen, sondern die Suche und Berechnung von statischen und konstruktiven Lösungen. Le Corbusiers Vertrauen und Interesse an Xenakis' Fähigkeiten, vor allem durch seine Beiträge im Kloster von La Tourette, brachten ihn dazu, den Entwurf ganz an ihn abzugeben – denn wer wenn nicht Xenakis konnte seinem Anspruch einer *esthétique scientifique* besser nachkommen. Le Corbusiers häufige Aufenthalte in Chandigarh/Indien in der Entstehungsphase des Projektes erklären auch warum Xenakis letztendlich auch große Teile der Kommunikation mit Philips, den Baufirmen und den Audiotechnikern übernahm und damit zu einem Hauptakteur des Projektes wurde.

Besonders den Entwurf des Gebäudes betreffend, ist seine alleinige Verantwortung zu betonen, welche kurz vor der Fertigstellung in einen Urheberstreit mündete und zum Bruch zwischen Le Corbusier und dem antiautoritär gesinnten Xenakis führte. Abseits der Frage nach dem Urheberrecht, welches in architektonischen Projekten ein komplexes Beziehungsgeflecht darstellt, belegen die Quellen und besonders die Formensprache jedoch eindeutig, dass Xenakis der Ideator des Entwurfes des Pavillons ist, wie es Le Corbusier selbst einige Jahre später bestätigte. Vorrangig waren es seine eigenen Methoden und Notationsformen, welche die Konzeption der Form stark beeinflussten und ermöglichten. Diese Methoden waren ebenso von Le Corbusier und Varèse beeinflusst, den



3 Seitenansicht des Pavillons. Hinter den quadratischen Öffnungen befanden sich die Technikräume.

Xenakis als Komponist bereits früh zu schätzen wusste. Nun trafen die drei Charaktere in diesem Projekt in einer gemeinsamen Aufgabe aufeinander, eine schillernde Konstellation an Persönlichkeiten, die in der Einzigartigkeit des Gebäude ihre Auswirkung zeigte. Ausgehend vom Grundkonzept des Pavillons sind Xenakis' Beiträge die wohl interessantesten, da sie die metaphorischen Interpretationen seiner Kollegen (*espace indicible, acoustique visuell, objets sonores, son mas-sique*)³ in eine zeitgemäße Synthese von Klang und Raum umformulierten.

Xenakis selbst setzte sich bereits seit einigen Jahren mit der Schnittstelle von Kunst, Musik, Wissenschaft und Architektur auseinander. Somit arbeitete er seinerseits an einer Synthese von Klang, Architektur und Entwurf, für die er mathematische und physikalische Modelle als Werkzeuge heranzog. Damit sollte

3 Siehe Glossar.

sich die klangliche Dimension, aus der sich der Pavillon entwickelte, nicht nur auf den technologischen Aspekt der Klangwiedergabe und der Schaffung eines akustischen Raumes beschränken, sondern viel grundlegender als Gestaltungselement angewandt werden.

Anknüpfend an die virtuoson Entwurfsmethoden, stellte der Pavillon eine für jene Zeit überragende Ingenieursleistung dar.⁹ Seine Innovationen bzw. sein spektakulärer Entwurf und dessen Ausführung fielen aus dem gängigen architektonischen Rahmen, vor allem wenn man die Mittel jener Zeit berücksichtigt. Neun gegen sich lehrende, sich stützende hyperbolische Paraboloido, welche frei im euklidischen Raum konzipiert und von der Grundfläche (dem Boden)

4 Innenansicht vom Eingang und einem der drei höchsten Punkte. Foto Lucien Hervé.



geschnitten wurden, bildeten ein zeltartiges Konstrukt, durch dessen Falten ein geometrisch und räumlich sehr komplexes Gebilde entstand. Der Pavillon selbst stellt dabei nur den sichtbaren obersten Teil des Entwurfes dar, sozusagen die Spitze des „Eisbergs“, während der Rest nur als Hilfskonstruktion im Entwurf benötigt wurde, um die Flächen in ihrer Form zu definieren (siehe Kapitel „Architektonische Aufzeichnungen“). „It breaks away from the enforced rigour of vertical and cube which dominated the early works [von Le Corbusier], and rises steeply out of the ground in a cluster of fantastic concrete tents which push against one another in oblique twisting movements, the curving surfaces of the walls continuing upwards without a break to form three sharp peaks.“⁴ Die anfangs intendierte Trennung, sowie die Verschränkung von Innen und Außen, wurde durch Xenakis' Entwurf ins Extreme getrieben: die innere und die äußere Form waren nahezu identisch; gleichzeitig stellte das Innere eine vom Außen abgeschiedene sensorielle Gegenwelt dar. Diese Trennung sollte die Differenzierung zwischen einer natürlichen und einer künstlich hergestellten und kontrollierten Umwelt abzeichnen.

Grundsätzlich war der Pavillon als ein Raum konzipiert, der jedoch ebenso Technik- und Kontrollräume für die Wiedergabe und Steuerung des *Poèmes* unterbringen musste. Diese befanden sich rechts hinter dem Eingang verteilt auf drei Geschossen. Ein Fenster zum Raum im Erdgeschoss sollte den großen Aufwand an erforderlicher Technik demonstrieren.

In der statischen Berechnung von hyperbolischen Paraboloiden, welche meist nur einzeln als Überspannung, Hülle oder Dachkonstruktion verwendet wurden,⁵ war Bernard Lafaille, ebenso Ingenieur im Atelier Le Corbusiers, ein Experte. In der von Xenakis vorgeschlagenen Form stellten sie jedoch eine noch nie dagewesene Herausforderung in der Berechnung dar, welche in Delft in der *Netherlands Organisation for Applied Scientific Research* an vielen empirischen

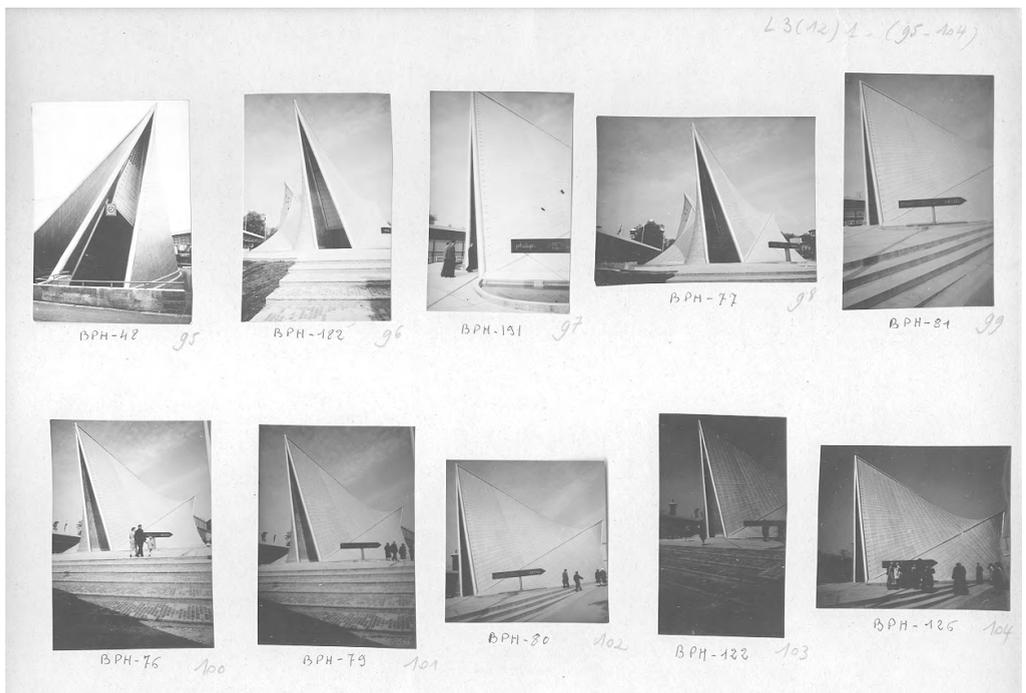
4 Matossian 2005, 121.

5 Etwa bei Felix Candela, Pier Luigi Nervi, u.a. sowie in einem von Le Corbusier entworfenen Kühlturm in Chandigarh.

Experimenten und Modellversuchen erforscht und anschließend von der belgischen Betongussfirma Strabed (*Société de Travail en Béton*), die es sich zutraute die Herausforderung anzunehmen, unter der Leitung von Hoyte Duyster realisiert wurde.⁶

Auch wenn die Verwendung hyperbolischer Paraboloiden zu jener Zeit *en vogue* war, galt eine derart systematische und konsequente Verwendung von diesen mathematischen Regelflächen als ein radikaler Ansatz. Die Konzeption eines sich selbsttragenden und aussteifenden statischen Systems, das ausschließlich aus hyperbolischen Paraboloiden bestand, befand sich jenseits der konventionellen Konzeption von Statik. Diese Idee kristallisierte sich mit dem Fortschreiten

5 Foto-Dokumentation von Lucien Hervé, kurz nach der Fertigstellung.



⁶ Vgl. Treib 1996, 96.

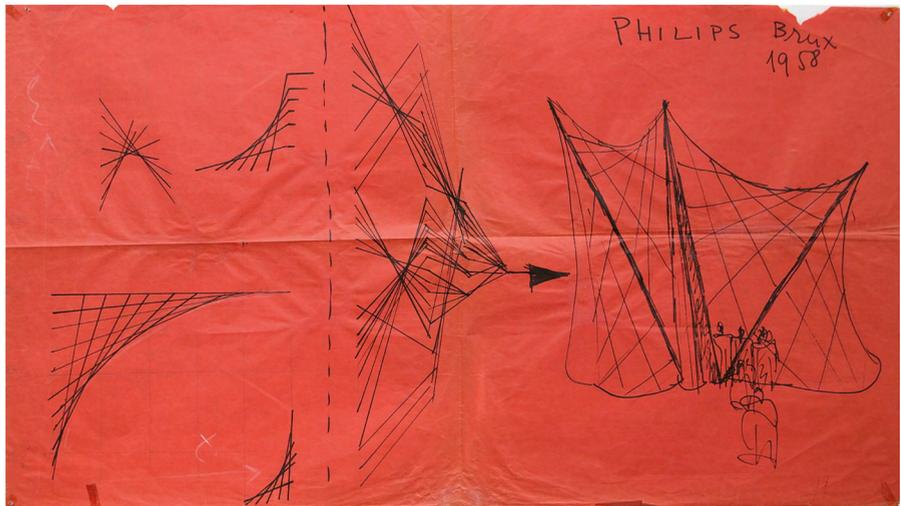
der statischen Experimente und Berechnungen heraus und lehnte damit tragende und nicht-tragende Elemente im klassischen Sinne ab. Die Entscheidung, die Flächen in modularisierter Unterteilung in Beton prefabrikieren zu lassen, war ebenso keineswegs von Anfang an klar. Die anfänglich in Textil geplanten



6 Pavillon in der Fertigstellung

Flächen konnten die notwendige akustische Trennung von Innen und Außen nicht vollbringen, deshalb entschied man sich für eine Bauweise in Beton. *In situ* gegossene und geschlossene Stahlbetonflächen wurden ausgeschlossen, da ihr Durchmesser um einiges zu dick gewesen wäre. Die Vorfabrikation der hyperbolischen Flächen in einzelnen Modulen (► 8, 11, 12, 16, 35) stellte eine Neuerung

dar, welche in weiterer Folge als Parametrisierung und Modularisierung in der Architekturproduktion bis heute diskutiert wird. In einer Fabrikhalle wurden die Negativformen der Flächen aus Sand geformt, auf dem anschließend ein Rost aus Holz die Schalung für die einzelnen Module vorgab (►35, 36). Diese Schalung war sehr einfach herzustellen, da bei hyperbolischen Paraboloiden beide Scharen von *Erzeugenden* senkrecht zueinander stehen. Der Abstand zwischen den Betonplatten, den die Schalung provozierte, wurde beim Aufbau auf das Leergeüst zuerst durch Abstandhalter gehalten und anschließend mit einer Füllmasse gefüllt.



7 Xenakis' exemplarische Darstellung der Entwurfsschritte des Pavillons.

Die kurze Lebensdauer des Pavillons lässt viele Fragen offen, vor allem aber jene nach seiner tatsächlichen räumlich-akustischen Wirkung. Auch wenn Versuche unternommen wurden, den Pavillon akustisch zu rekonstruieren,⁷ so kann man ihn körperlich und sinnlich nicht mehr erfahren, wobei genau das sein oberstes Ziel war. Trotz seiner kurzen Existenz (1956 Auftrag, Ende 1957

7 (VEP) *Virtual Electronic Poem Project*, sowie *Hearing Varèses Poème Électronique inside a virtual Philips Pavilion*, zwei universitäre Forschungsprojekte von TU Graz, TU Berlin u.a. (seit 2005).

Baubeginn, Mai 1958 Fertigstellung, Abriss Jänner 1959), ist der Pavillon als eines der bedeutendsten Bauwerke des 20. Jahrhunderts in die Geschichte eingegangen. Allzu oft wurde er auf seine Bildhaftigkeit reduziert, was dem umfassenden entwerferischen Wissen von Xenakis, der multidimensionalen, transdisziplinären und vor allem klanglichen Dimension jedoch nicht gerecht wird. Der Pavillon schuf eine innovative Verschränkung von Klang und Architektur, bei der visuelle, körperliche und auditive Aspekte vom Entwurf bis zu dessen Realisierung auf eine Ebene gebracht wurden.



8 Die gegossenen und nummerierten Module, bereit zur Anbringung auf das Lehrgerüst.

Die Hintergründe, die zu dem einzigartigen Entwurf und zum andersartigen Einsatz der hyperbolischen Paraboloiden als Gestaltungselemente führten, waren jedoch weder architektonischer, noch musikalischer Natur; sie lagen vielmehr in Xenakis' breit gefasstem Wissen über Mathematik, Physik und Statik, welches sowohl auf seine musikalischen Kompositionsmethoden, als auch architektonischen Entwurfsmethoden einwirkte. Seine persönliche Geschichte, seine Skizzen sowie Teile seiner Publikationen und die darin enthaltenen Thematiken

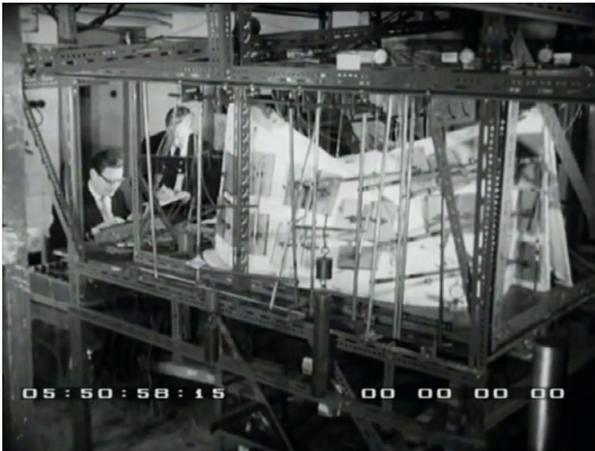
geben Aufschluss über die Bandbreite des Themenspektrums, die in den Gebäudeentwurf eingeflossen sind und bieten damit den Ausgangspunkt dieser Arbeit. Das ständige Oszillieren zwischen materieller Architektur und immateriellen Eigenschaften, zwischen mathematischen und physikalischen Gegenständen, zwischen Philosophie und Praxis, zwischen Antike und Zukunft, zwischen visuellen und akustischen Qualitäten, zieht sich durch Xenakis' Schaffen und kennzeichnet damit auch das Gebäude.

Für die vorliegende Analyse werde ich mich deshalb auf die Beiträge von Iannis Xenakis konzentrieren, da sie das hier fokussierte Themenfeld am synthetischsten beschreiben.

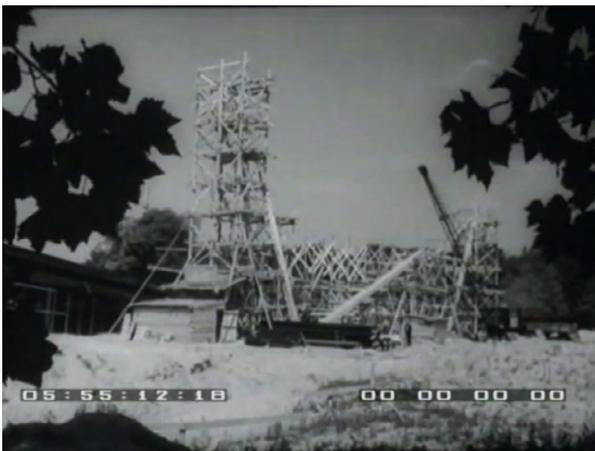
„De bouw van het Philips-Paviljoen“

„Der Bau des Philips Pavillons“, Filmische Aufzeichnungen der Planungs- und Bauphase.

Filmstills



9 Experimente an Modellen zur Messung der Kräfte.



10 Aufbau des Lehrgerüsts.



11 Nummerierung der Position der einzelnen Platten, für einen exakten Wiederaufbau vor Ort.



12 Anlieferung der Platten.



13 Spannen der Zugseile.



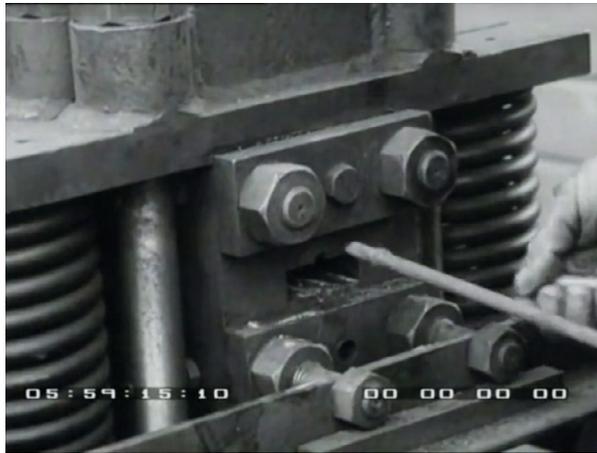
14 Le Corbusier und Xenakis bei der Begutachtung eines Modelles des Pavillons.



15 Verbindung der Stahlbetonträger, an denen die Zugseile eingespannt wurden.



16 Anbringung der ersten Platten auf das Lehrgerüst.



17 Herstellen der Gewinde an den Enden der Zugseile.



18 Verbinden der Zugselemente.



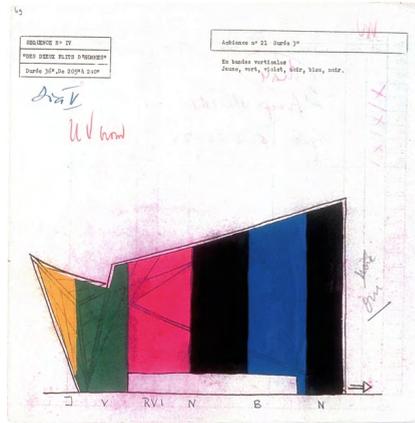
19 Spannen der Zugseile.

Poème Électronique

Synthese aus Licht, Klang, Bild und Raum

Das *Poème Électronique* stellte die akustische sowie die visuelle Realität im Inneren des Pavillons dar, in der Klang und Raum, Bild und Ton als Teil eines Ganzen verstanden wird. Le Corbusier hatte gerade erst sein *Poème de l'angle droit* (1955) fertiggestellt, das als eine Art Zusammenfassung seiner Philosophie gilt. Die gleichberechtigte Verwendung von Poesie und Malerei, abseits der Architekturproduktion entthob dieses Buch aus der reinen Sphäre der gebauten Architektur und erschloss eine allgemeinere Ebene, auf der Le Corbusier seine Maxime darstellte. Nun sah er jedoch die große Chance, seine Ideen in einem erweiterten Umfeld, für ein großes Publikum und mit anderen Mitteln, jenseits des Buches, in einer Verschmelzung mit Architektur zu zeigen.

Die zeitliche Dauer belief sich auf acht Minuten. Hinzu kamen zwei Minuten für den Ein- und Auslass des Publikums, in denen Xenakis' Stück *Concrete PH* die Wahrnehmung des Inneren formen sollte. Diese zeitliche Strukturierung des Gebäudes brachte Marc Treib zu seiner titelgebenden These, dass der Pavillon



20 Le Corbusiers Visualisierung einer Farbambience, mit genauer Zeitangabe. Karten dieser Art beschrieben den genauen Ablauf der Farbambienzen.

ein *Space calculated in seconds*¹ sei. Damit sollte er auch richtig liegen, jedoch bezog sich Treibs Idee der Zeitlichkeit nur auf die Dauer bzw. die Organisation des Spektakels und nicht auf eine breitere Bedeutung von Zeitlichkeit, die Xenakis in *Metastaseis* erstmals als physikalisches Phänomen aufgreifen sollte.

Die Entstehung des *Poème Électronique* war durchaus keine leichte Geburt, zumal weder Le Corbusier, noch

¹ Gleichnamiges Buch. Treib 1996.

Varèse das notwendige technische und methodische Wissen für dessen Realisierung hatten.² Ihre Ideen setzten die Unterstützung von Fachkundigen voraus, welche die notwendigen Technologien beherrschten. Le Corbusiers ausführender Helfer war Jean Petit, der Erfahrung im Filmschnitt hatte und die aneinandergereihten Standbilder montierte. Diese Aufeinanderfolge gliederte sich in sechs Teile: *Genesis, Spirit and Matter, From Darkness to Dawn, Man-Made Gods, How Time Moulds Civilization, Harmony, To All Mankind*. Diese waren in Le Corbusiers Manier symbolistisch aufgebaut und stellten seine eigene Geschichte der Menschheit dar. Projiziert wurden unter anderem Bilder von Kindern, afrikanischen Masken, Stierkämpfern, Skeletten, Affen. Im letzten Kapitel jedoch zeigte er Bilder der Ville Radieuse, ebenso wie die Hand des Architekten. Das *Poème* stand somit in der selben Gedankenlinie, die Le Corbusier in seiner Architektur vertrat, nämlich dass der Architekt als Schöpfer, als der Ideator von Zivilisation verstanden werden kann. Zusätzlich zu diesen Projektionen von Standbildern, gab es die Projektion von Farblicht (*ambiance*) sowie den sogenannten *Tris-trous*, eine Schablone



21 Projektion des *Poème Électronique*, überlagert von punktuellen Lautsprechern.

welche Formen als zusätzliche gestalterische Elemente an die Wände projiziert. "It is a whole scenario to be created out of relationships; light, plasticity, design, and music."³

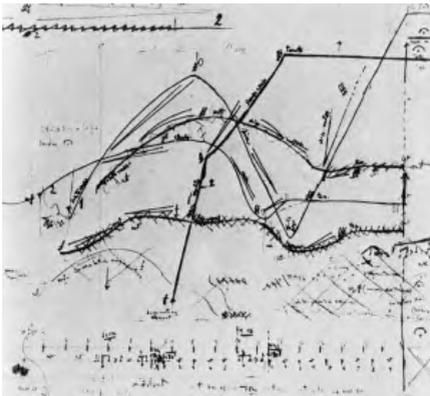
Die Konzeption des *Poèmes* verspätete sich aufgrund der technischen Schwierigkeiten dermaßen, dass das Zustandekommen bzw. das Resultat unsicher und vage war. Edgar Varèse ging es bei der Herstellung seines *Poème Électronique* ähnlich. Obwohl er das Magnetband als Methode der Klangbearbeitung bereits in seiner Komposition *Déserts* (1950-1954) integriert hatte, fehlte ihm das notwendige technische Wissen über die Möglichkeiten der Klangzeugung, die Philips bereitstellte.

2 Vgl. Treib 1996, 118.

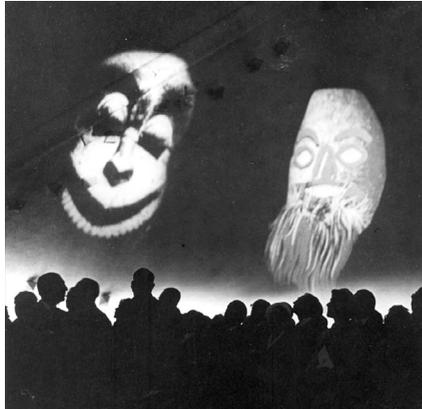
3 Le Corbusier zit. nach Treib 1996, 123.

Varèse bekam Hilfe vom Philips-Techniker Willem Tak und seinem Assistenten De Bruyn, die jedoch Unverständnis für seine Ideen aufbrachten, was bald zu Konflikten führte. Die Hinzunahme des österreichischen Technikers Anton Buczynski sollte das Stück zu Ende bringen.

Das Werk bestand sowohl aus akustisch-aufgenommenen, als auch aus elektronisch-generierten Klängen. Varèse ging dabei nach seinem Konzept der *Objects sonores* vor und entwickelte einzelne Klänge, die er interessant fand und fügte diese anschließend mittels Bandaufnahmegerät aneinander. Dennoch entwickelte er eine grobe Notation, um die Strukturierung seiner Ideen vorzunehmen, welche jedoch keine Präzision für die produzierten Klänge intendierte.



22 Notation, *Poème Électronique*, Edgar Varèse.



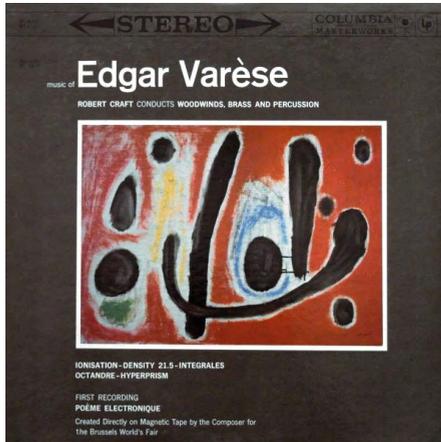
23 Projektion des *Poème Électronique*, während einer Vorführung.

Sie war vielmehr eine Gedankenstütze.

Ebenso hatte Le Corbusier eine eigene Notation für die zeitlichen Abläufe entwickelt, welche er *Minutage* nannte. Diese Notation fungierte als zeitliche Gliederung der sieben Teile sowie der Aktivierung der Farbprojektion und der Projektion des *Tris-trous*.

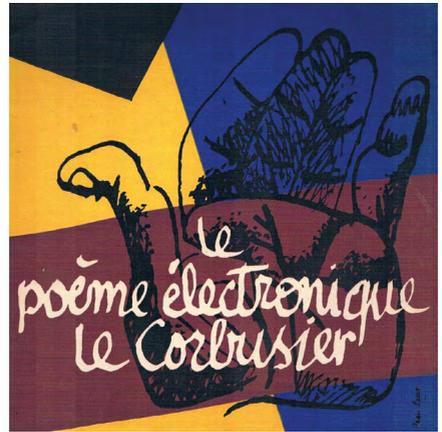
Was von Le Corbusier als *Synthese des Arts* intendiert war, nämlich die Synchronisation von Bild und Ton, wurde letztendlich zu einer kontrollierten, jedoch von sich zufällig überlappenden Ereignissen gekennzeichnete Wiedergabe.⁴ Dieser getrennte Entstehungsprozess ergab somit das *Poème Électronique* Le Corbusiers, dokumentiert im gleichnamigen Buch von Jean Petit,

4 Vgl. Treib 1996, 173.



24 Cover, *The music of Edgar Varèse*, mit dem *Poème Électronique*, Columbia Masterworks, US, 1960.

als auch das *Poème Électronique* Edgar Varèses, das auf zahlreichen Tonaufnahmen nicht verräumlicht aufgezeichnet ist.



25 Buchcover, *Le Poème Électronique*, von Jean Petit, 1958.

Iannis Xenakis

Ingenieur,
Komponist und
Architekt

*„You are almost thirty, you have good fortune of being Greek, of being an architect and having studied special mathematics. Take advantage of these things. Do them in your music.“**

Olivier Messiaen

* Xenakis, 59.

Die Konvergenz der unterschiedlichen Fachbereiche der im Pavillon behandelten Thematiken sowie deren Synthese lassen sich an Iannis Xenakis' Schaffen, der das Projekt mit seinen Fähigkeiten um bedeutende Aspekte erweiterte, deutlich ablesen. Diese umfassen seine Aneignung von architektonischem Entwurfswissen sowie seine kompositorische Klangforschung, welche den Pavillon in seiner außerordentlichen Erscheinung formten. Die Konstellation von Fähigkeiten führte Xenakis zur Entwicklung einer Methode, mit der er zwischen diesen Bereichen wechseln konnte, ohne die Kohärenz der Inhalte zu verlieren.

Um Xenakis' Beiträge am Philips Pavillon zu verstehen, ist es jedoch notwendig seinen Werdegang in den Blick zu fassen, welcher durch eine Reihe mit seinem Schaffen verbundener Ereignisse gekennzeichnet ist. Die Besonderheit seiner Geschichte liegt in einer gewissen Außenseiterrolle, die er sowohl in der Architektur als auch in der Musik einnimmt. Aus diesem Grund werde ich mich hier auf jene Fakten konzentrieren, welche zum Verständnis seines Zugangs zu Architektur und Musik sowie seiner notatorischen Praxis beitragen.

Xenakis bezeichnete sich selbst als einen „klassischen“ Griechen, der im 20. Jahrhundert lebt.¹ Seine Faszination für die griechische Philosophie wird in einem Statement aus Chris Markers Filmreihe *L'heritage de la chouette* (Das Vermächtnis der Eule, ► 28) deutlich, wenn er sagt, dass: „At certain times in history, there have been incredible fusions in human intelligence that have filtered through history, to blend with other innovations by people from other ages. They were like signposts. These periods of ancient Greece, from the 7th century BC, to the 3rd BC or even later have produced ways of thinking and their consequences left their marks everywhere. That is the essence of greekness. A much more general concept, not limited by time or space. A diffused way of being based on judgement and rationality and on all human mental processes, some of which are yet unknown. This amalgam fascinates me.“²

1 Vgl. Matossian 2005, 21.

2 Iannis Xenakis interviewt im Film *L'heritage de la chouette* (*The Owl's Legacy*) von Chris Marker, Folge 1, 1989.



28 Xenakis im Film *L'Heritage de la chouette*, Folge 9, *Musique ou l'espace de dedans*, (*Music or the inner space*), Chris Marker, 1990.

Sein Interesse an Philosophie, seine Suche nach geschichtlichen Zusammenhängen von wissenschaftlichen und künstlerischen Entwicklungen sowie sein holistischer Ansatz fanden eine konkrete Anwendung in seinen Kompositionen. Diese Denkweise wird ebenso Aufschluss über das Verhältnis von Musik, Klang, Komposition und Architektur als transdisziplinäres Feld geben und fügt sich damit nahtlos in den Diskurs ein, der zwischen Musik und Architektur nach Parallelen sucht.

Xenakis wurde 1922 in Brăila, Rumänien, geboren und wuchs in Griechenland auf. Seine Ausbildung genoss er in einem Internat auf der Insel Spetsai, wo er bereits früh Interessen eigenhändig vertiefte und in der Bibliothek antike Philosophen las.³ Nach dem Abschluss der Grundausbildung begann er 1940 sein (Bau-)Ingenieurstudium am Politechnikum in Athen, wo er neben dem Studium Klavierstunden sowie Unterricht in Kontrapunkt und Harmonielehre nahm. Ein Jahr nach Ausbruch des zweiten Weltkriegs marschierten im Herbst 1940 deutsche Truppen in Griechenland ein, wodurch Xenakis sein Studium unterbrechen musste. In dieser Zeit entwickelte Xenakis sein Interesse an politischen Fragen und schloss sich einer linken Gruppierung von Studenten an, welche sich politisch engagierten und Demonstrationen organisierten. Bei diesen trat Xenakis auch als Redner auf, etwa bei Protesten gegen die Besetzung durch die Nationalsozialisten. 1943 brach der griechische Bürgerkrieg aus, welcher das Land in eine politische und wirtschaftliche Krise stürzte.⁴ Nachdem Athen 1944 von den Briten besetzt wurde, kam es wiederholt zu gewaltvollen Auseinandersetzungen zwischen der Regierungspartei EAM (nationale Befreiungsfront) und der kommunistischen Widerstandsgruppe ELAS (Nationale Volksbefreiungsarmee).⁵ In einem der Straßenkämpfe wurde Xenakis am 1. Januar 1945 schwer

3 Vgl. Matossain 2005, 25.

4 Vgl. Baltensperger 1996, 70.

5 Vgl. ebda.

verwundet und rang um sein Leben.⁶ Die Ärzte hatten die Hoffnungen bereits aufgegeben, doch er überlebte. Die Verletzungen in seinem Gesicht sollten sein Äußeres jedoch für immer zeichnen. Die Verwundung verursachte zudem große Sehstörungen, eine Beeinträchtigung im Abschätzen von Entfernungen und eine Störung des Gleichgewichtssinnes.⁷ Aufgrund seines widerständischen Engagements wurde er politisch verfolgt und musste mehrfach Strafen im Gefängnis absitzen.

Das Ingenieurstudium schloss Xenakis im Jahre 1947 ab, während der Bürgerkrieg wiederholt ausgebrochen war und Xenakis in die Armee eingezogen wurde.⁸ Nachdem seine Identität und seine Tätigkeit im Widerstand erkannt wurden, floh Xenakis aus der Armee, woraufhin die Verurteilung zum Tode erfolgte (diese wurde erst 1974 aufgehoben).⁹ Sodann stand der Plan seiner Flucht aus Griechenland fest. Im Herbst 1947 nahm er mit einem gefälschten Pass ein Schiff, welches ihn nach Italien brachte, von wo aus er über Kontakte aus der linken Szene nach Paris kam. Dort begann für Iannis Xenakis ein neues Leben. George Candilis, ebenfalls Grieche und Architekt im Atelier Le Corbusiers, vermittelte ihn als Ingenieur an Le Corbusier, woraus für Xenakis zwölf prägende Jahre der Zusammenarbeit werden sollten. Dieser Neuanfang in Paris, seine körperlich wie psychisch angeschlagene Gesundheit sowie seine Grenzerfahrungen erzeugten eine große Willenskraft, Probleme und Fragen radikal anzugehen. Sein Ziel zu komponieren, wofür er bis zu jener Zeit noch nicht den richtigen Weg gefunden hatte, verfolgte Xenakis nun mit allen Mitteln. Er unternahm mehrere Versuche den für ihn geeigneten Lehrer zu finden, doch sie scheiterten am Unverständnis der LehrerInnen für seine Klangvorstellungen.¹⁰ Seine Biographin Nouritza Matossian beschreibt diese Situation wie folgt: „Lacking basic tuition in

6 Vgl. Baltensperger 1996, 72.

7 Vgl. Matossian 2005, 38.

8 Vgl. Baltensperger 1996, 73.

9 Vgl. ebda.

10 Vgl. Matossian 2005, 45.



29 Xenakis mit Olivier Messiaen.

ear training, harmony and compositional techniques, he sought the grounding he felt was necessary from those who were willing to accept him as a student despite his inadequacies.¹¹ Le Corbusier erkannte Xenakis' Unzufriedenheit und bot mit Ratschlägen und Hinweisen eine wertvolle Hilfe.¹² Auch wenn Le Corbusiers Verhältnis zur Musik durch seine Familie aufgeladen war,¹³ so erkannte er die Bedeutung zweier Musiker, welche für Xenakis wegweisend sein sollten: Olivier Messiaen und Edgar Varèse.¹⁴ Le Corbusiers visionärer Charakter erkannte die fortschrittliche Auseinandersetzung mit Musik dieser beiden Komponisten und beeinflusste damit auch Xenakis.

Der entscheidende Wendepunkt in Xenakis' musikalischer Entwicklung war seine Begegnung mit Olivier Messiaen. Dieser war von dem Fremden in seiner Klasse sehr beeindruckt: "I understood straight away that he was not

11 Ebda.

12 Vgl. Matossian 2005, 58.

13 Le Corbusiers Mutter und sein Bruder waren Musiker, Siehe Bienz 1999.

14 Vgl. Matossian 2005, 58.

someone like the others. I asked him many questions. First of all he impressed me physically, because he carried those great scars, those glorious wounds. He is of superior intelligence. I learned that he was Greek, an architect and worked with Le Corbusier, that he did special mathematics.¹⁵ Als Xenakis ihn fragte, ob er sein Harmonielehre- und Kontrapunktstudium fortsetzen solle, überraschte sich Messiaen selbst mit seiner Antwort: „I did something horrible which I should not do with no other student, for I think one should study harmony and counterpoint. But this was a man so much out of the ordinary that I said, “no, you are almost thirty, you have good fortune of being Greek, of being an architect and having studied special mathematics. Take advantage of these things. Do them in your music.“¹⁶ Xenakis äußerte sich umgekehrt ebenso positiv über Messiaen: „For the very first time I saw a musician think in a wide unconventional way.“¹⁷

Neben dieser wichtigen Begegnung, welche maßgeblich zu Xenakis' selbstbewusster Karriere beitrug, gab es noch weitere Persönlichkeiten, welche Xenakis stark beeinflussten. Le Corbusier, sein Lehrer was Architektur anbelangte, war einer von ihnen. Das Verhältnis der beiden beruhte auf gegenseitigem Respekt und einer gewissen Faszination. Bevor Xenakis Le Corbusier näher kennenlernte, war er von ihm unbeeindruckt, denn er wusste weder etwas über ihn als Person noch über moderne Architektur.¹⁸

In der jahrelangen Zusammenarbeit (1949-1951) entwickelte er jedoch ein Interesse an den Methoden und Entwurfsstrategien Le Corbusiers sowie allgemein an architektonischen Fragen und fand dadurch ebenso einen wertvollen Zugang zur Musik. Genau den umgekehrten Prozess sollte er einige Jahre später vollziehen, als er durch seine eigenen Kompositionen einen Zugang zum Entwurf von Architektur entdeckte. „I discovered on coming into contact with Le

15 Messiaen zit. nach Matossian 2005, 59.

16 Messiaen zit. nach ebda.

17 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 60.

18 Vgl. Matossian 2005, 44.



30 *Pan de verre ondulatoire* / „Musical Glass Panes“,
Fassade des Klosters von La Tourette, 1954.

Corbusier that the problems of architecture, as he formulated them, were the same ones I encountered in music. And that way I suddenly acquired an interest in architecture and I did it.¹⁹ Xenakis wurde über mehrere Projekte wie etwa der *Unité d' Habitation* in Marseille oder dem Parlamentsgebäude in Chandigarh mit den entwerferischen Möglichkeiten und deren Verbindung zu statischen Lösungen vertraut. In Bezug auf das Kloster von La Tourette, in dem Xenakis

19 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 64.

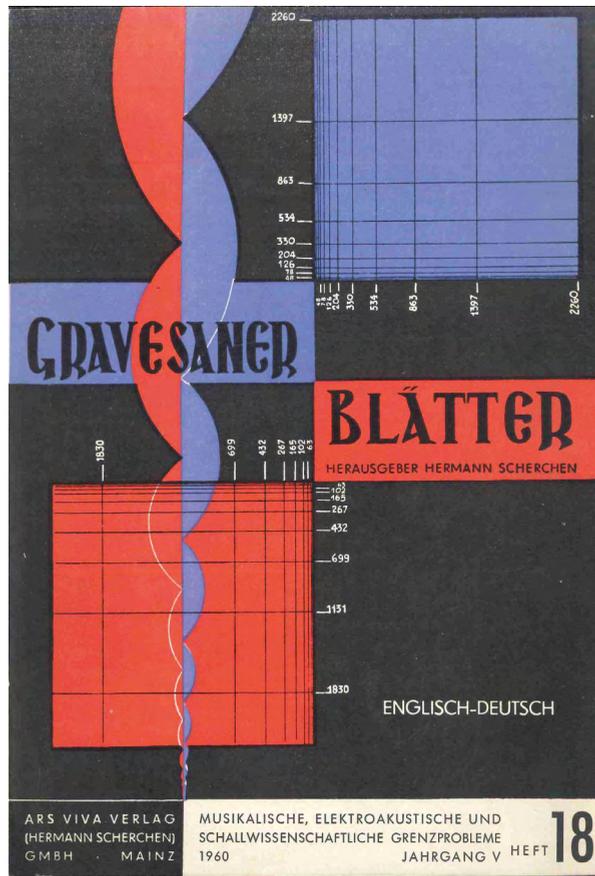
erstmalig entwerferische Aufgaben übernahm und große Teile gestaltete, unter anderem die „rhythmisierte“ Glasfassade, stellte Le Corbusier fest: „Cette mise au point des pans de verre a été faite par Xenakis, qui est ingénieur devenu musicien et qui travaille comme architecte 35, Rue de Sèvres. Trois vocations favorables réunies ici.“²⁰ So interessierte sich Xenakis zunehmend für gestalterische Aufgaben, welche im Entwurf des Philips Pavillon kulminieren sollten. Dazu sagte Matossian: „He felt he was no longer a human calculating machine but could exercise his ingenuity and originality in a new field. He began to perceive the inter-relationship of engineering and architecture, to see that the engineer had it in his power to offer solutions which could radically alter the whole conception of a piece of architecture.“²¹

Während Xenakis immer mehr in die Architektur eintauchte und sein Tätigkeitsfeld über statische Berechnungen hinaus erweiterte, fand er auch in der Komposition einen alternativen Weg, die Ideen seiner Klangvorstellung zu verwirklichen. Vor diesem Hintergrund erscheinen seine zeitgleich entstandenen frühen Kompositionen, *Metastaseis* (1953/54), *Pithoprakta* (1955-1956) und *Achorripsis* (1957) wie Manifeste einer neuartigen Musik, ebenso wie Manifeste einer Architektur, welche durch seine transdisziplinären Interessen provoziert wurden. Sie legten den Grundstein seines Schaffens und brachten das Thema der Notation radikal zur Sprache. In ihnen waren die wichtigsten Inhalte, welche Xenakis' Theorie einer *Musique Stochastique* charakterisieren und 1963 im Buch *Musiques Formelles* (Formalized Music) zusammengefasst erschienen, im Kern bereits vorhanden. Für das vorliegende Buch von außerordentlicher Bedeutung ist diese Frühphase von 1949 bis 1963 jedoch vor allem deshalb, da sich Xenakis zugleich mit Komposition und Architektur beschäftigte. Kompositorische Ideen wurden zeitgleich mit der Aneignung von architektonischem Wissen entwickelt, was im Philips Pavillon kulminierte. Dabei ist es bemerkenswert, dass Xenakis

20 Le Corbusier 1955, 355.

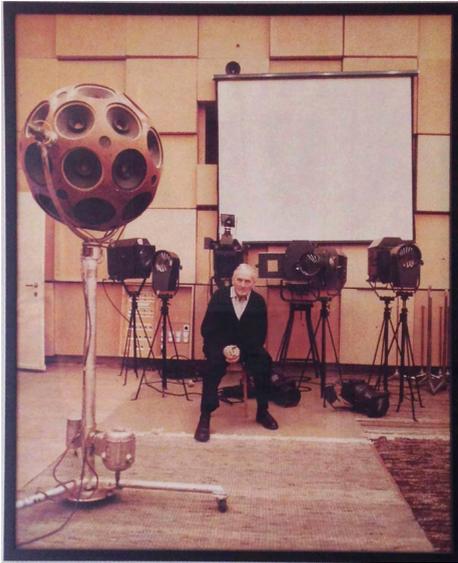
21 Matossian 2005, 53.

neben einer Vollzeitstellung in einem Architekturbüro einen derartigen Weg als Komponist eingeschlug; eine Tatsache, die zweifellos eine Verschränkung der Inhalte hervorrief.



31 Le Corbusiers *Modulor* auf dem Titelblatt der *Gravesaner Blätter*.

Neben Messiaen und Le Corbusier war eine weitere Person von großer Bedeutung für Xenakis, welche ihm in der Musik zum Durchbruch verhelfen sollte: Hermann Scherchen – Dirigent, Komponist und Verfechter der sogenannten Neuen Musik. „[...] these people (Messiaen, Scherchen, Le Corbusier) are for me of the same nature. He [Scherchen] was one of the few who believed in my work.



32 Herrmann Scherchen im Experimentalstudio Gravesano.

He helped me more than anyone.²² Er war es, der Xenakis' erste Komposition *Metastaseis* förderte, welche durch Hans Rosbaud 1955 bei den Donaueschinger Musiktagen uraufgeführt wurde und einen Skandal auslöste. Des Weiteren arbeitete Xenakis häufig im von Scherchen gegründeten „Elektroakustischen Experimental Studio Gravesano“, wohin er ebenso eingeladen wurde, bei den jährlichen Konferenzen Vorträge zu halten. Scherchen gab Xenakis die Möglichkeit Texte in den von ihm herausgegebenen *Gravesaner Blätter* zu veröffentlichen. So entstand etwa der Artikel „La crise de la musique serielle“ (1955), welcher als Xenakis' Manifest für seine eigene kompositorische Tätigkeit gesehen werden kann.

Ebenfalls von großer Bedeutung für Xenakis' Konzeption von Musik, war der Komponist Edgar Varèse. Varèses Veröffentlichungen sowie seine Kompositionen, welche bereits früh elektroakustische²³ Elemente integrierten, waren für Xenakis eine Quelle der Inspiration. Xenakis' Überzeugung von Varèses Ideen

22 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 90.

23 Siehe Glossar.

zeigt sich in einem Brief an Kalf, in dem er sich als Unterstützer Varèses kompositorischen Fähigkeiten für den Pavillon einsetzte, die von Philips angezweifelt wurden: „I myself think that the music by Mr. Varèse is exactly the kind which would show to best advantage the electronic systems of the Philips Pavilion because it utilizes all the registers and all the dynamics of each instrument which are not usually sent through ordinary broadcasting. I think that Mr. Varèse, by the power and the quality of his instrumental music, is one of the best choices that you and Mr. Le Corbusier could make.“²⁴

Zum Tod Varèses schrieb Xenakis einen Nachruf, welcher seine eigene Verbindung zu dessen Ideen noch mehr verdeutlicht: „Varèse worked on the very flesh of sound. He researched the architecture of sound itself, always opposing

33 Le Corbusier und Edgard Varèse, Eindhoven, 6. Februar 1958.



24 Xenakis zit. nach Treib 1995, 171.

all those schemes of music called ‚musical‘, all kinds of formalism, including that of the series. This forced him to pursue a solitary career. He came short of being completely ignored by his contemporaries. His music is one of the most original of the twentieth century. Without a doubt the great musicians have passed through a phase of researching sonorities. Look at Beethoven and Debussy, but they were always recaptured by the problems of form. Varèse was the first to trust his own instinct. The first to conceive and control sounds instead of writing notes of music... His music is colour and sonorous force. No more scales, no more themes, no more melodies, to the devil with music called Musical, he delivers in the flesh that which is more generally called organised sound. His dimension is not the proportion of the combinatory elements, it is in those parts of music which are not yet utterable.²⁵

All diesen Persönlichkeiten gemeinsam war ihre Fähigkeit mit abstrakten Zeichensystemen zu arbeiten. Le Corbusiers symbolische Aufzeichnungen im *Poème Électronique*, seine architektonischen Zeichnungen ebenso wie das Proportionssystem des *Modulors*, Messiaens Aufzeichnungen von rhythmischen Strukturen, Scherchens Entzifferung von komplexen Partituren²⁶ und Varèses eigene Notationspraxis, die für elektroakustische Instrumente nicht mehr die überlieferte Notation sein konnte (►22). Der Kontakt mit diesen signifikanten Persönlichkeiten und das sich daraus ergebende Arbeitsumfeld war für Xenakis' Entwicklung richtungsweisend. Seine Bedürfnisse nach einer fächerübergreifenden Auseinandersetzung wurden angeregt, wodurch sich neue Beziehungsfelder und die Erschließung neuer Methoden eröffneten. Dieser diverse Rahmen war es, der ihn in seiner Pluridisziplinarität unterstützte und sein transversales Denken förderte.

25 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 227.

26 Scherchen empfand *Metastaseis* als zu schwierig, um es selbst zu dirigieren.



34 Xenakis und Le Corbusier im Atelier in der Rue de Sèvres , Paris.



35 Anfertigung der bewährten Betonmodule,
auf Sand abgeformt und geschalt.

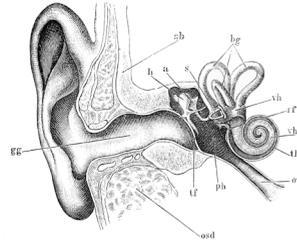


36 Anfertigung der bewehrten Betonmodule,
auf Sand abgeformt und geschalt.

Hören

„Das auditorische System vermittelt Eindrücke von Schall (und Lärm) in der Umwelt. **Hören** nennen wir die Empfindung, die durch überschwellige Schalldruckschwingungen im Frequenzbereich von ca. 16 Hz bis 20 kHz ausgelöst wird.“¹ Der Hörsinn zählt, ebenso wie der Sehsinn, zu den höheren Sinnen, im Gegensatz zu den niederen Sinnen wie Schmecken, Tasten und Riechen. Der Hörsinn ist ein zentraler Sinn, der uns wichtige räumliche Informationen vermittelt und er dient damit der Orientierung. Unsere Ohren und die von ihnen aufgenommenen akustischen Reize geben uns die notwendigen Informationen Geräuschquellen zu lokalisieren und sind somit ein wichtiges Instrument unserer räumlichen Praktiken. „Hören ist ein ganzheitlicher, mit allen Sinnesreizen verbundener Prozeß, dessen Aufgabe die Orientierung eines Organismus in seiner physikalischen und gesellschaftlichen Umwelt ist.“²

Trotz dieser zentralen räumlichen Funktion, wurde der Hörsinn seit der Renaissance zunehmend vom visuellen



37 Anatomie des menschlichen Ohrs

Sinn verdrängt.³ Dabei hat der Hörsinn im Vergleich zum Sehsinn sowohl ein viel höheres Frequenzspektrum als auch eine viel höhere zeitliche Auflösung.⁴ Um die Sensorzellen unseres akustischen Apparates in Schwingung zu versetzen muss weniger Energie aufgewandt werden als bei jedem anderen Sinnesorgan.⁵

Das Klangliche, Akustische und Auditive scheint auf dieser physiologisch-medicinischen und abstrakten Ebene von der Musik bzw. kulturellen Hörgewohnheiten losgelöst zu sein. Die akustische Wahrnehmung kann jedoch nicht getrennt von der musikalischen Wahrnehmung gesehen werden, da Klänge diese Unterscheidung nicht treffen.

Mit der Erforschung der Klänge und

1 Plattig 1994, 1090-1091.

2 Bruhn 1994, 1118.

3 Vgl. Naumann-Beyer 2003, 113.

4 Vgl. Ernst 2015, 32.

5 Vgl. Plattig 1994, 1078.

der physiologischen Prozesse ihrer Wahrnehmung, geht ebenso ein Wandel in der musikalischen Tradition sowie einer gewissen Empfindsamkeit⁶ vorstatten. Überwiegt in der Musik bis ins frühe 20. Jahrhundert der semantische Teil, sowie ein gewisses Stildenken, so ist in der sogenannten Ernst Musik eine Hinwendung zum rein Klanglichen zu vernehmen.⁷ Jedoch erfolgten bereits im Impressionismus harmonische Erneuerungen, welche die Auflösung der streng klassischen Harmoniestrukturen einleiteten, dem Klangmalerischen eine starke Beachtung gaben und Musik und Klang als eine zentrale Begleiterscheinung von Räumen erkannten.⁸

Zwischen Musik und Klang fand eine zunehmende Annäherung und eine gegenseitige Beeinflussung statt, welche die Auflösung der Klänge in ihre Grundstruktur, in ihre Grundeigenschaften und damit ihre technische Reproduzierbarkeit zur Folge hatte. Teil dieser Entwicklung waren die Serielle Musik und ihre Aufgliederung in Klangparameter sowie

Pierre Schäfers *Groupe de Recherches Musicales*. und die daraus entstandene *Musique Concrète*, welche den Ursprung der Klänge ausblendete und sich auf das reine Hören konzentrierte oder andere Avantgarde Strömungen seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts, die Klang als integrativen Bestandteil von Projekten verwendeten.⁹ Weiters war es die Erforschung von *Soundscaapes*, ein vom kanadischen Komponisten Robert Murray Schafer (1933) geprägter Begriff, welcher Klang als ökologische Dimension und entscheidendes Merkmal unserer natürlichen und vom Menschen geschaffenen Umwelt wahrnimmt und valorisiert.

Die Auseinandersetzung mit klanglichen Phänomenen geht jedoch viel weiter zurück. Arbeiten zur Übertragung des Klanges gehen unserer Schriftkultur voraus¹⁰ und erste Theorien zu den Phänomenen des Klanges sowie zur Musik haben antike Philosophen wie Pythagoras und sein Schüler Aristoxenos von Tarent verfasst. Für letzteren stand das Gehör immer noch als letzte Instanz zur Wahrnehmung von Musik fest, jenseits ihrer mathematischen und physikalischen Zusammenhänge.

6 Empfindsamkeit, als eine von der europäischen Aufklärung etablierte Kategorie, in: Hirschmann 1994, 1766.

7 Die einschneidendsten Erneuerungen brachten Arnold Schönberg, Anton Webern und Alban Berg.

8 Vgl. Darò 2013, 108.

9 Ital. Futurismus, Fluxus, Performancekunst.

10 Vgl. Gethmann 2006, 7.

Musikalische Notation um 1950

Zwischen serieller Komplexität und
graphischen Notationen

*„What I try to do is to
organize in perceptible form the
harmonies and dissonances
of modern life.“**

Iannis Xenakis

* Xenakis, 304.

Notation als experimentelle Aufzeichnungsmethode spielt in Xenakis' Schaffen eine zentrale Rolle, denn sie vermag es Architektur und Musik auf einem Bogenstrich zu denken und dabei einen seit der Antike anhaltenden Diskurs neu zu interpretieren. In den 1950er Jahren kam verstärkt eine Kritik an die Zwölftonmusik auf, welche in den Neo-Serialisten¹ auf der einen und in den Graphischen Komponisten² auf der anderen Seite ihre stärksten Kritiker fand. Während erstere die Verwendung des klassischen Notensystems, durch einen hohen Determinismus in der Notation und der anschließenden Aufführungspraxis, auf die Spitze trieben, bevorzugten letztere eine freie graphische Form der Notation, die der bildenden und performativen Kunst viel näher standen als der Kontrolle des eigentlichen Klangerlebnis.

Xenakis' Interesse an Musik wurde stark durch die Avantgarde Musik der 1950er Jahre beeinflusst, Musik, die Karlheinz Stockhausen, Pierre Boulez, John Cage und weitere wichtige Persönlichkeiten sowohl kompositorisch als auch diskursiv zu erweitern versuchten. Musik und Klang wurden zunehmend in ihre klanglichen Elemente zerlegt,³ um so eine Neuorganisation des Klangmaterials und der kompositorischen Praktiken zu erreichen. Wie seine Zeitgenossen hat sich Xenakis auch auf einer theoretischen Ebene mit Komposition beschäftigt und selbst Texte verfasst. Seine Interessensfelder waren jedoch, wie bereits erwähnt, sehr breit gefächert und gingen weit über die Grenzen der Musik hinaus. Bereits in Griechenland studierte er neben seinem Ingenieurstudium Physik, Mathematik, Jura und antike Literatur.⁴ Diese vielseitigen Auseinandersetzungen, sowie sein später Zugang zur Komposition,⁵ ermöglichten ihm den Blick von außen, das Beibehalten einer Distanz und gleichzeitig auch die Formulierung einer

1 Siehe Glossar.

2 Gruppe um John Cage in den Vereinigten Staaten.

3 Vgl. Baltensperger 1996, 22.

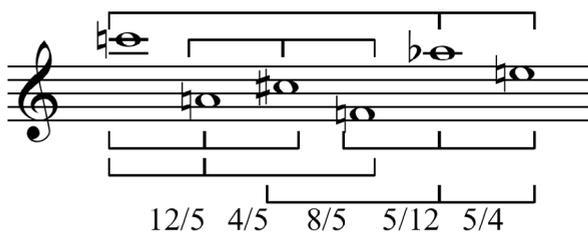
4 Vgl. Matossian 2005, 26.

5 Vgl. Matossian 2005, 58. Xenakis war ein Außenseiter in den Kompositionsklassen, da er bereits 28 Jahre alt und in anderen Bereichen ausgebildet war und in jenen auch arbeitete.

eigenen, grundlegenden Kritik an der seriellen Musik.⁶ Seiner Meinung nach konzentrierte sie sich zu sehr auf die numerisch-serielle Anordnung von Tönen⁷, mit einem zu starken Schwerpunkt auf Tonhöhe. Gleichzeitig kritisierte er die graphischen Kompositionen der Komponisten um John Cage. Damit wies er auf die Entkoppelung von Komposition und gehörtem Klang, also auf eine Spaltung zwischen dem Konzept, seiner Aufzeichnung und seiner Rezeption hin. Seiner Ansicht nach, war die Fragmentierung der Zwölftonmusik-Reihen⁸ zu komplex, um vom Publikum erschlossen zu werden. Was das Publikum hörte, ergab für sein Verständnis keine zusammenhängende Idee. So sagt Xenakis: „Linear polyphony by its present complexity destroys itself. What one hears is in reality no more than a heap of notes in different registers. The enormous complexity prevents the hearer from following the crisscrossing of lines and. h.s as a macroscopic effect an irrational and fortuitous dispersal of notes across the whole range of sound spectrum. There is a contradiction between the linear polyphonic system and the heard result which is surface, mass.“⁹

Während die Zwölftonmusik Anfang des 20. Jahrhunderts von Arnold Schönberg entwickelt wurde und alle Halbtöne einer Oktave ohne ein tonales Zentrum (Atonalität) verwendete, entwickelte Olivier Messiaen in seinem

38 Ton Proportionen in Stockhausens *Elektronische Studie I*, 1953.



6 Siehe Glossar.

7 Der Grund für den Fokus auf die Tonhöhe mag auch darin liegen, dass die Tonhöhe unter anderem das wohl eindeutigste ist, was die konventionelle Notation zu verzeichnen vermag.

8 In *La Crise de la musique serielle* verweist er auf Schönberg, Webern und Berg.

9 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 96.



39 Xenakis am Zeichen-/Kompositionstisch.

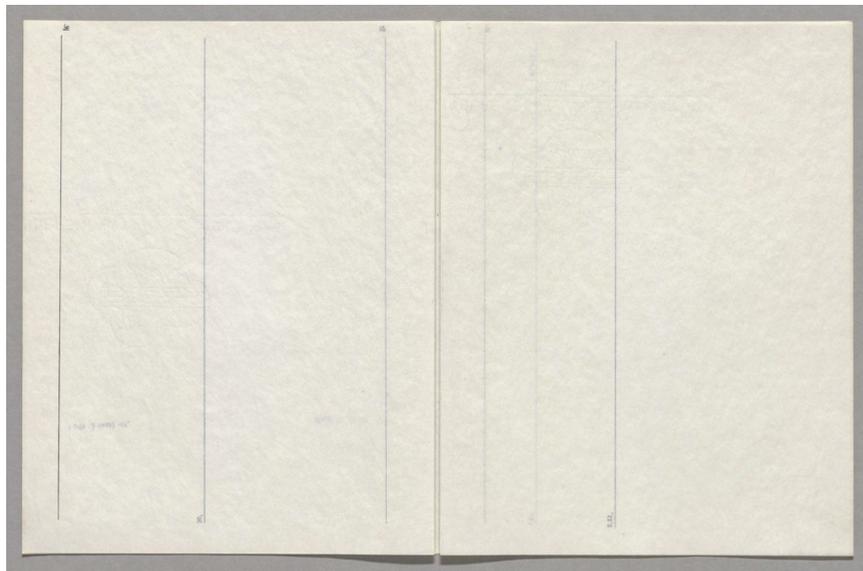
Buch *Technique de mon langage musical* (1944) eine Neuausrichtung, welche die Neo-Serialisten¹⁰ für sich zu nutzen wussten. Messiaen schlug eine erweiterte Reihentechnik vor, welche jenseits der Tonhöhe weitere Parameter wie Tondauer, Klangfarbe und Lautstärke seriell (in numerischen Zahlenfolgen, Serien) organisierte. Xenakis nahm diese Kritik auf und erweiterte sie abermals, indem er das ganze System von Grund auf neu konzipierte und seine eigenen Methoden entwickelte und anwandte.

Xenakis' Notationen stellten im Gegensatz zu denen vieler seiner Kollegen weder ein bildnerisches Werk, noch ein aus der klassischen Notation entwickeltes, komplexes und fragmentiertes Konstrukt dar. Vielmehr waren seine Notationen eine präzise Verbindung von Zeichnung und Klang mittels abstrakter räumlicher Strukturen, welche ihren Ursprung nicht in der Musik hatten, sondern aus Bereichen der Naturwissenschaft entlehnt waren.

Skizzieren war für ihn die Verbildlichung einer kompositorischen Idee, die Vorbereitung eines formalen oder konzeptuellen Schemas, während die Definition dessen, was schlussendlich gespielt werden sollte noch bevorstand und

10 Gruppe um Boulez und Stockhausen in den 1950er Jahren, mit Paris, Köln und Darmstadt als wichtige Orte der Diskussion und Aufführung.

mittels konventioneller Notation aufgeschrieben wurde.¹¹ Diese Kontrolle war für Xenakis die Legitimation der Tätigkeit eines Komponisten, dessen Aufgabe es war Klänge zu definieren und nicht Bilder zu zeichnen, die frei interpretiert und performt werden können.¹² Das Visuelle war dabei Mittel zum Entwurf



40 Originalpartitur zu 4,33 von John Cage, 1952/1953.

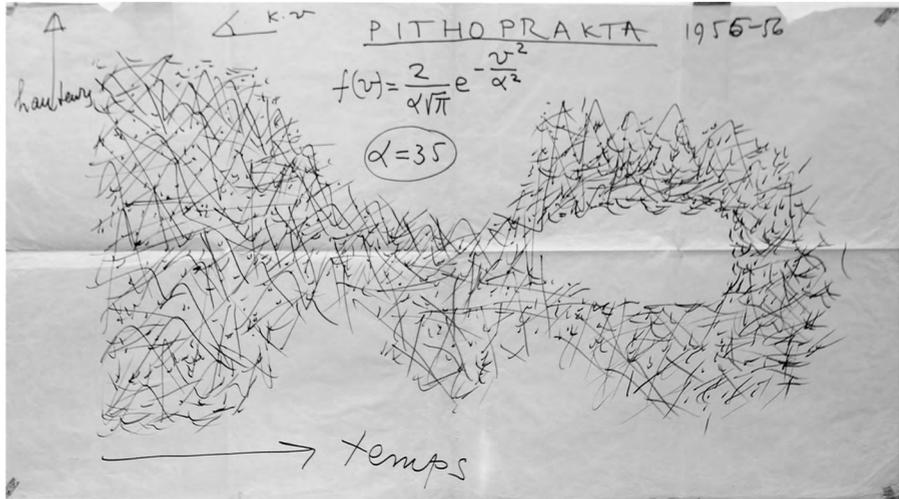
einer Komposition, zum Festhalten einer klanglichen Vision und nicht Selbstzweck. Die Zeichnung bzw. das experimentelle Notieren bahnten ihm den Weg aus seiner Verzweiflung an den gängigen Kompositionsmethoden und den damit verbundenen Notationsformen. „It was much easier for me to use graphic approach to music than the classical notation with which I had never been able to see everything at the same time, as you do on a graph.“¹³ Die Sichtbarkeit bzw. die perzeptive Verständlichkeit standen dabei in seiner Recherche im Vordergrund,

11 Vgl. Matossian 2005, 72.

12 Graphische Kompositionen standen der Performancekunst sehr nahe.

13 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 103.

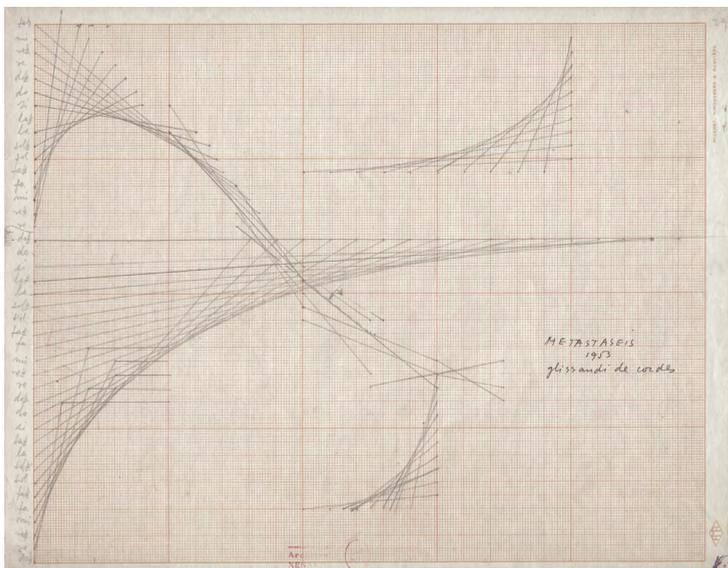
auch wenn Xenakis' Problemstellung primär keine visuelle, sondern eine auditive war. Das Visuelle diente hier nur als Ersatz, eben als graphische Darstellung von Klängen zur Überbrückung einer Unsichtbarkeit, einer Unverständlichkeit. Mit seinen Punkten und Graphen konstruierte er massenhafte Zustände, welche durch die Reduzierung auf Zahlenfolgen verloren gegangen sind.



41 *Pithoprakta*, 1955/56 Skizze zur Verteilung der Klangmassen.

Xenakis' Kritik an die kompositorischen Strömungen jener Zeit, der Zwölftonmusik, der Neo-seriellen Musik, der graphischen Komponisten, als auch sein Zugang, der sich vielmehr auf die physischen und materiellen Seinsweisen von Klang und weniger auf numerische Konzepte bezog, wird in Matossians Beschreibung erkenntlich: „He liked to work with physical sounds, to familiarise himself with the properties of sonorities, as he did with construction materials. He has retained this preference, often experimenting with instruments before he composes for them. An instinctive approach which safeguarded him from the danger of composing music which is seen and not heard, like the elegant note rows, beautiful symmetries and relationships of some neo-serialist works,

stillborn in notation.“¹⁴ Die graphische Annäherung diente als eine Art Vogelperspektive auf die Partitur, im Gegensatz zu dem sehr detaillierten und engen Blick, welcher serielle Kompositionen bestimmte.¹⁵



42 Entwurfsskizze zu *Metastaseis*, 1953

Notation bezeichnet bei Xenakis, im Gegensatz zu den komplexen Tonreihen der Serialisten oder den graphischen Phantasien der graphischen Kompositionen, eine Abstraktion von klanglichen Phänomenen, die einer allgemeinen Praxis des Hörens sehr viel näher kommt. Somit hängt sie weniger von kulturspezifischen Hörpraktiken ab, welche benötigt werden um gewisse Klänge zu verstehen, wie z. B. das Läuten von Kirchenglocken oder die Rufe des Muezzins. „Through the process of manipulating the materials of construction [Beton etc.], establishing relationships in form and order out of different materials, Xenakis obtained the freedom of approach towards composition. His lack of training in

14 Matossian 2005, 61.

15 Vgl. Matossian 2005, 101.

music had alienated him from the traditional techniques and skills of musicianship. Since a whole range of solutions were unavailable to him, he was forced into a radical conceptual thinking, inventing methods from his own intellectual resources.“¹⁶

Joseph Clarke fügt dem hinzu, dass für sein architektonisches Schaffen das selbe zutrif.¹⁷ Klang und seine Vollzugsweisen als unmittelbare auditive Erfahrung und sonische Realität standen dabei stets im Zentrum seiner Tätigkeit. Um der Vergänglichkeit des Klanges etwas Dauerhaftes entgegensetzen zu können, bedarf es einer Aufzeichnung, die diese Klangphänomene reproduzierbar macht. Obwohl dieses Thema zentral im Verständnis des komplexen Schaffens dieser Ausnahmepersönlichkeit war, wird dem Thema der Notation in seinen Schriften keine große Rolle beigemessen, vielleicht da er von musikalischer Seite oft kritisiert wurde eher wie ein Architekt zu arbeiten.¹⁸ Dabei war es vor allem dieser ständige Wechsel der Perspektiven, seine Ausschweifungen in andere Fachbereiche, der Austausch von Methoden und die kritische Hinterfragung bzw. der Vergleich von assimilierten Praktiken, welche letztendlich neue Resultate hervorbrachten.

Damit war es mehr als deutlich, dass die Verwendung seines umfassenden Wissens Potentiale in sich barg, die experimentell erprobt werden mussten, um eine geeignete Methode der Darstellung und der Verarbeitung von Inhalten zu entwickeln. Die Idee, dass Musik eine Konstruktion des menschlichen Geistes ist und den Naturgesetzen des Klanges unterliegt, kommt hier klar zum Ausdruck.

„Music for me is philosophy. It is the sonic projection of laws, of stars, of machines and human sensitivity. For me music is the sonic projection of the tumultuous and vertiginous modern thought. What I try to do is to organise in perceptible form the harmonies and dissonances of modern life.“¹⁹

16 Matossian 2005, 79.

17 Vgl. Clarke 2012, 220.

18 Vgl. Bois 1967, 6.

19 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 304.



43 Anfertigung der bewährten Betonmodule,
auf Sand abgeformt und geschalt.



44 Pavillon in der Bauphase. Module wurden auf das Lehrgerüst angebracht, durch Abstandhalter auf Distanz gehalten, um die Fugen mit einer Füllmasse zu versiegeln.

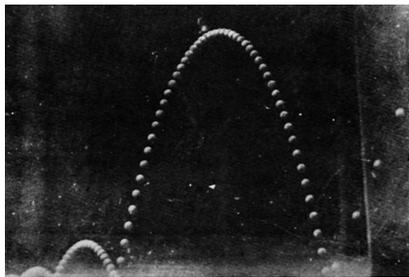
Experimentelle Methoden der Aufzeichnung

Méthode Graphique, Chronophotographie und Klangfiguren

Der Begriff der Notation beschreibt allgemein ein System von Zeichen oder Symbolen, das sich im weitesten Sinne mit Aufzeichnungen beschäftigt. Der allgemeine Begriff der Notation entzieht sich einer klaren Festlegung, da er in sehr vielen sowie sehr unterschiedlichen Bereichen Anwendung findet. Deshalb umfasst er eine ebenso große Vielzahl an Methoden, Symbolen, Codes und Inhalten, wie etwa Mathematik, Phonologie, Medizin, Physiologie oder Physik. Die Notation wird verwendet Laute aufzuschreiben, Bewegungen aufzuzeichnen, Klang einzuschreiben, Ereignisse statistisch darzustellen, und noch allgemeiner, um Information zu codieren.

Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte Etienne Jules Marey (1830-1904) eine Methode, welche die graphische Aufzeichnung von Bewegung bzw. von Zeitstrukturen ermöglichte. Die *Méthode*

*graphique*¹, eine Wissenschaft der Darstellungen, entfaltet für Michel Frizot ihre Stärke darin, "dass sie darstellbar macht, was unseren Sinnen verschlossen bleibt und die Bedingungen für die Wahrnehmung von Dingen schafft, die



45 Chronophotographie, E. J. Marey.

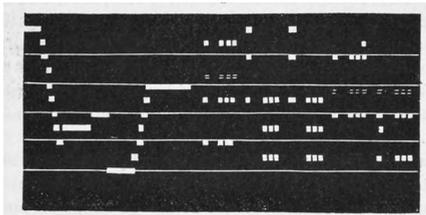
für uns nicht wahrnehmbar sind: Phänomen und Zeit sind untrennbar miteinander verbunden."² Diese Methode, welche die graphische Notation in den Künsten wie Musik, Tanz, Film, etc.

1 Siehe Marey, *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales*, 1878.

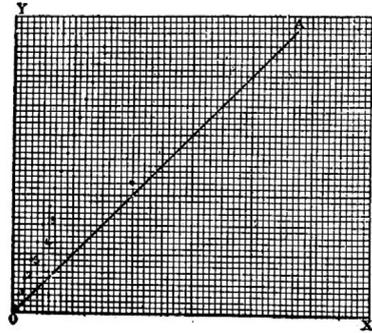
2 Frizot 2008, 59.

angeregt hat,³ kam aus den Bereichen der Physik, der Physiologie und der Photographie. Letztere stellte die Übereinkunft einer exakten Analysemethode mit künstlerischem Ausdruck dar.

Marey war Mediziner und Physiologe und hat durch seine Forschung den Weg zu dem geebnet, was wir heute als Kino bezeichnen.⁴ Dies war jedoch nicht sein primäres Forschungsziel. Sein Ziel war es, die Hürden, die uns unsere Wahrnehmung stellt, zu beseitigen.⁵ Während Marey vor 1878 vor allem Apparaturen baute, welche mittels Druckübertragung oder elektrischen Impulsen einen Graph zur Aufzeichnung bewegten, entdeckte er 1882 die Photographie Untersuchungsmethode. Marey erfand sodann



46 Notation des Spiels auf einer Harmoniumklaviatur, E. J. Marey.



47 *Expression graphique du mouvement uniforme*, E. J. Marey.

die chronophotographische Methode und zugleich den dazugehörigen Apparat, den Chronophotographen, „denn für ihn ist eine Methode an das Instrument gebunden, das man benutzt, ja das man sogar erfinden muss, um die Methode anzuwenden.“⁶

Die Graphische Methode bestand darin, so Frizot, „ein physisches Phänomen, das selbst in der Veränderung einer physikalischen Größe besteht (Ortsveränderung, Temperaturschwankung, Druckveränderung, Hitzeentwicklung) als Graphen darzustellen, d. h. als Kurve, als weiße Linie auf schwarzem Grund, oder umgekehrt, als schwarze Linie auf weißem Grund.“⁷ Die chronophotographische Methode bestand indes in der Aufnahme von chronologischen, in

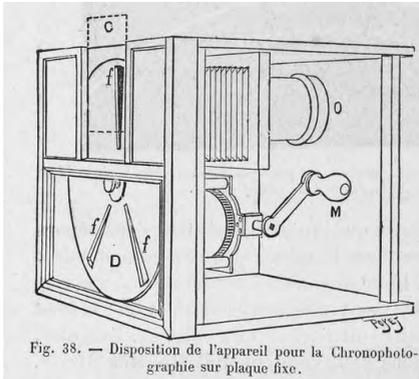
3 So eine der zentralen Thesen des Ausstellungskatalogs *Notation. Kalkül und Form in den Künsten* zur gleichnamigen Ausstellung an der ADK Berlin 2008 und am ZKM Karlsruhe 2009.

4 Vgl. Frizot 2006, 141.

5 Vgl. Marey 1878, I.

6 Frizot 2006, 144.

7 Ebda.

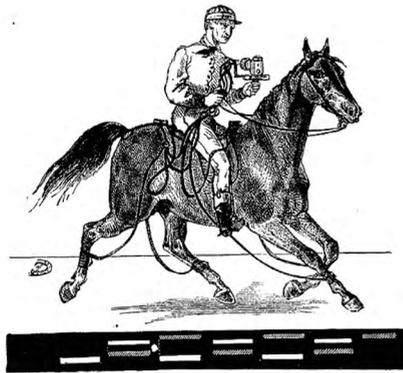


48 Chronograph, E.J. Marey

kurzen Zeitintervallen aufeinanderfolgenden Photographien, mit sich in Bewegung befindlichen Objekten, welche entweder schwarz auf weißem Hintergrund oder umgekehrt abgelichtet wurden. In der graphischen Methode wurden vor allem Impulse aufgezeichnet, die sich in der Zeit als Graphen äußern. In der Chronophotographie verlief die Methode anders herum. Bewegungsabläufe, unter anderem von Tieren, Menschen und Gegenständen, wurden durch kurze Momentaufnahmen, Stillstände in kurzen Zeitintervallen, fragmentiert.

Marey hat mit dieser Methode unterschiedliche Apparaturen wie den Sphygmograph zum Messen der Pulsfrequenz, den Myograph zur Messung des Herzschlages eines Frosches oder eben den Chronograph zur sequentiellen Aufzeichnung von Bewegungsabläufen

entwickelt. Bei all diesen Apparaturen ist das Verhältnis von Fragmentierung zu Kontinuität, von Taktung zu Bewegung, von Rhythmus zu Linearität grundlegend, wie auch in Xenakis' Notationen. Marey geht davon aus, dass diese Bewegungen, etwa von Pferden, weder mit unseren Sinnen erfassbar ("Mangelhaftigkeit unserer Sinne") noch mit sprachlichen Mitteln beschrieben werden können ("Unzulänglichkeit der Sprache").⁸ Auf ähnliche Weise entdeckte Xenakis



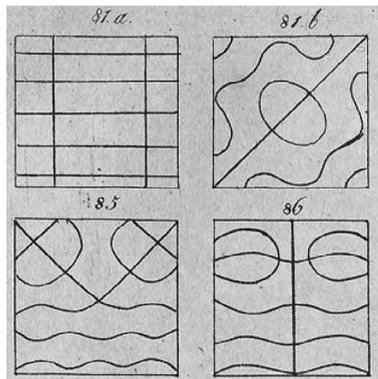
49 Graphische Notation der Auftrittszeit eines Pferdes, E.J. Marey

die graphische Methode für sich, welche es ihm ermöglicht die Lücken der Wahrnehmung zu schließen und eine Kontinuität herzustellen. So konnte er Klänge in ihrem Auftreten als Masse, in der

8 Vgl. Frizot 2008, 57.

Veränderung von Zuständen, in ihren Bewegungen erfassen und sprichwörtlich „aufzeichnen“. Mareys Forschungen und Methoden zeigen, wie der Prozess der Sichtbarmachung operationalisiert werden kann.

Ein weiterer Wissenschaftler, der mittels einer graphischen Methode das Wesen des Klanges erforschte, war der deutsche Physiker und Astronom Ernst Friedrich Chladni (1756-1827). Während



50 Ernst Friedrich Chladni, *Klangfiguren*, Abzeichnungen der Strukturen, welche auf die Platte gestreuter Sand durch die Vibrationen formiert.

Versuche zur Übertragung von Schall seit dem 15. Jahrhundert vermehrt unternommen wurden, galt die Akustik jedoch als mathematische Disziplin.⁹ Mit Chladni „gelang eine erneute

Orientierung der Akustik am experimentellen Verfahren und damit der Beobachtung, sowie der mit dieser neuen Ausrichtung notwendig werdenden Konstruktion von präzisen Messapparaturen.“¹⁰ Seine Versuche zeigen exemplarisch die Wirkungsweise von Schall in elastischen Körpern. Die Versuchsanordnung bestand in einer zum Schwingen gebrachte Metallplatte, welche mit Sandkörnern bestreut wurde. Diese Körner formierten sich durch unterschiedliche Schwingungsverhältnisse der Platte zu den sogenannten *Klangfiguren*. Dieser Prozess war den Untersuchungen Mareys insofern ähnlich, als er die Sichtbarmachung eines Phänomens verfolgte. Ebenso, wenn auch nur auf einer phänomenologischen Ebene, ging es um einen gewissen Schwingungszustand, der durch die Ausrichtung der Sandkörner visualisiert wurde. Klang als physikalisches Ergebnis von Schwingungen ist hier weit von Musik als kulturellem Produkt entfernt. Jedoch sind es genau diese Phänomene, welche zwischen Ordnung und Unordnung schwanken, die für Xenakis ein gestalterisches Potential darstellen.

9 Vgl. Gethmann 2006, 62.

10 Gethmann 2006, 62.

Klang/ Morphologien

Klang als Gestalt
und
perzeptive Form

*„Instead of starting from a detail, like a theme, and building up the whole thing with rules, you have the whole in mind and think about the details and the elements and, of course, the proportions. That was a useful mode of thinking.“**

Iannis Xenakis

* Xenakis, 79.

Um die Hintergründe der Verwendung von graphischen Notationen in Xenakis' Werken nachvollziehen zu können, ist ein breiterer Bezugsrahmen erforderlich, der nicht nur seine Kritik der musikalischen Kompositionsmethoden jener Zeit umfasst. Ausgehend von dieser Kritik, wird der Rahmen durch seine Klangvorstellungen geformt, welche aus seiner Aufmerksamkeit gegenüber klanglichen Ereignissen hervorging, die in großen Massen auftreten. Diese Faszination resultierte aus starken auditiven Erfahrungen im griechischen Widerstand während des zweiten Weltkriegs und den Erlebnissen von Naturphänomenen wie z. B. das Zirpen von Zikaden oder dem Aufprall von Regen oder Hagel auf einem harten Untergrund.¹ Diese klanglichen Phänomene, bei denen sich Klangmassen, wie Wolken (*nuages sonores*), in Dichte, Struktur, Ausrichtung und Qualität verändern, transformieren und von einem ständigen Wandel charakterisiert sind, prägten durchwegs sein Schaffen und wurden im Philips Pavillon sichtbar.

Die Idee, dass diese Klangphänomene in Formen oder Gestalten organisiert werden können, deutet auf eine visuelle Herangehensweise an akustische Phänomene hin, die zuerst in Skizzen visualisiert und anschließend in einer Komposition organisiert, arrangiert² und gestaltet wurden. Das Skizzieren und das graphische Darstellen von Kräfteverläufen als zentrale Methode der Sichtbarmachung lässt auf einen starken Einfluss aus Architektur und Ingenieurkunst schließen. Klangmassen, Klangfiguren, Klanggestalten und Klangwolken bildeten dabei eine Idee, welche sich zwischen einer auditiven und einer visuellen Ebene bewegten. Ihre Aufzeichnung erfolgte zunächst intuitiv, wie es Xenakis als ersten Schritt in seiner programmatischen Liste der Durchführung einer Komposition vorsieht.

Neben Xenakis' ganz eigenen Fragen über das Verhältnis von der Komposition zu ihrer Form, stand die Form eines musikalischen Werkes und ihre Ableitung vom Inhalt in jener Zeit häufig zur Diskussion. Das organische Modell

1 Vgl. Xenakis 1992, 9.

2 *Arrangement* ist ein Begriff der vor allem in der Jazz-Komposition verwendet wird und die Organisation bzw. Umorganisation von einem Stück bezeichnet.

Diese Suche nach Formen und Strukturen und ihren inneren Zusammenhängen war vermutlich auch eine Folge der strukturalistischen Denkströmungen jener Zeit. In der Biologie gab es eine solche Denkströmung bereits ab dem 18. Jahrhundert, als Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) etwa in seinem Buch *Philosophie anatomique* von 1818 den Körperbau von Wirbeltieren untersuchte, oder Johann Wolfgang von Goethe nach der Urpflanze suchte. Diese Lehre der Formen, welche vor allem nach historischen Entwicklungen und Zusammenhängen

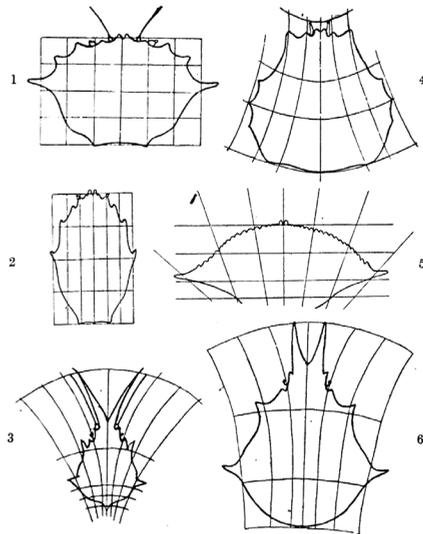
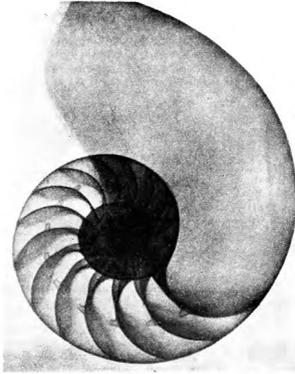


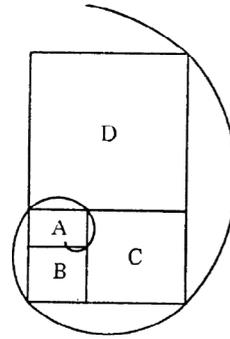
Fig. 513. Carapaces of various crabs. 1, *Geryon*; 2, *Corystes*; 3, *Scyramathia*; 4, *Paralomis*; 5, *Lupa*; 6, *Chorinus*.

52 „The Comparison of related Forms“,
D' Arcy Thompsons.

in der Biologie suchte (►52), war in der Architektur vor allem für die Suche nach neuen strukturellen Lösungen sowie der Erweiterung des Formenrepertoires von großer Bedeutung. Sowohl in der Erforschung statisch-konstruktiver Systeme als auch in der damit zusammenhängenden Organisation von Räumen, fand sie ihre



53 Radiographie einer *Nautilus pompilius* Muschel, D'Arcy Thompson.



54 Proportionen des Goldenen Schnitts, D'Arcy Thompson.

Anwendung.⁵ Die Formbarkeit von Stahlbeton kam der Ergründung von natürlichen Formen ebenso entgegen, wie ein ausgeprägter Zukunftsoptimismus. Xenakis' Auseinandersetzung mit mathematischen und natürlichen Formen vertiefte er durch ein griechisches Buch mit dem Titel *The Rule of Number in Nature and Art*, welches Beiträge von Matila Ghyka, Curt Sachs und Bertrand Russel beinhaltet. Zudem dürften ihm die Werke *Le Nombre d'Or* (1931) von Ghyka und D'Arcy Thompsons *On Growth and Form* (1917) bekannt gewesen sein. Von Letzterem inspiriert organisierte Richard Hamilton 1951 unter dem selben Titel eine Ausstellung in London, die Le Corbusier besucht hatte.

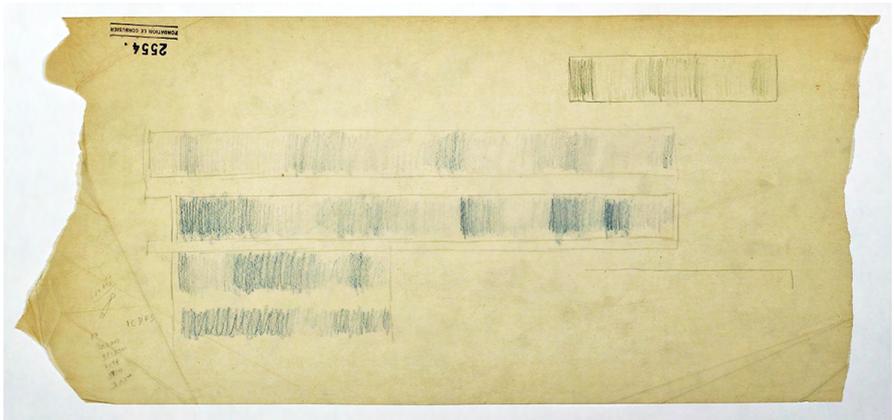
Im Zusammenhang mit der Erforschung von Morphologien steht die Untersuchung des Goldenen Schnitts und der Fibonacci⁶ Zahlenfolge in der Natur (►53, 54), bei der sich die Proportionen aufeinanderfolgender Zahlen in der Reihe zunehmend dem Verhältnis des Goldenen Schnittes annähern. Sowohl die Fibonaccireihe als auch der Goldene Schnitt und die morphologischen Modelle stellen Versuche dar, die Entwicklung von Formen in der Beziehung ihrer Teile zum Ganzen zu erkennen und in geometrisch-additiven Mustern ablesbar zu

5 Pier Luigi Nervi, dessen Buch *Structures*, ebenso wie Xenakis' *Musiques Formelles* 1963 erschienen ist, war einer der wichtigsten Ingenieure und Architekten in diesem Bereich.

6 Leonardo da Pisa (1170-1240), Fibonacci genannt.

machen. Die Verwendung dieser Proportionssysteme als Gestaltungsstrategie wurde durch ihr Aufkommen in der Natur jeglicher Argumentation entbehrlich. Le Corbusiers Proportionsschema des *Modulors*, eine Abwandlung des Goldenen Schnittes, zeigt seine eigenen Vorstellungen der idealen Größenverhältnisse des Menschen und fand in vielen Gestaltungsfragen Anwendung.⁷ Im Kloster von La Tourette hatte Xenakis an einer „Rhythmisierung“ der Fassade gearbeitet, indem er die an den *Modulor* angelehnten *Pan de verre ondulatoire* (►30, 55) realisierte (Aufteilung der Glaspaneele in eine zweidimensionale repetitive Struktur).⁸ Analoge Proportionsverhältnisse von Längen, Höhen, Flächen und

55 Skizze zu den *Pan de verre ondulatoire*
des Klosters von La Tourette.



Intervallen wurden in der Musik sowohl auf Tonhöhen, Tonlängen und der Unterteilung von Stücken angewandt.⁹ Auch wenn hier der erste Versuch unternommen wurde musikalische Strukturen in die Architektur zu übertragen, so

- 7 Le Corbusiers Mitarbeiter wandten den Goldenen Schnitt an, wo auch immer es nur möglich war. Bei Diskussionen verwarf er jedoch so manche Anwendung des Goldenen Schnittes, wenn sie in einer bestimmten Situation nicht passend war.
- 8 Le Corbusier wollte sie *Musical glas panes* nennen.
- 9 Ferruccio Busonis Zeichnung (►76) ist nur ein Beispiel von vielen. Siehe auch Palladio, Villa Rotonda (►56).

passierte dies auf einer rein formal-numerischen Ebene, ähnlich wie in der seriellen Musik.

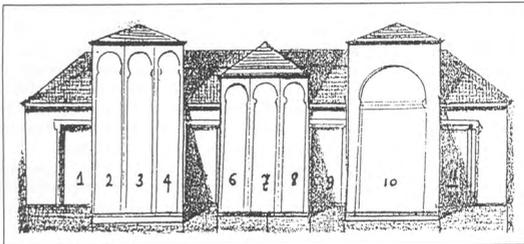
Die Natur und ihre Strukturen waren für Xenakis von Beginn an Quelle von Inspiration und Referenzsystem,¹⁰ jedoch sollten seine Beobachtungen weit über das Bildhafte der Natur hinausgehen und somit auch erst dem Begriff einer Notation gerecht werden, welche dynamische Transformationsprozesse und nicht

Plan des Werkes

A. Analytischer:

1. Choral - Variationen (Einleitung — Choral und Variationen — Übergang)
2. Fuga I. 3. Fuga II. 4. Fuga III. 5. Intermezzo. 6. Variatio I. 7. Variatio II.
8. Variatio III. 9. Cadenza. 10. Fuga IV. 11. Corale. 12. Stretta.

B. Architektonischer:



56 Aufbau von Ferruccio Busonis Komposition *Fantasia contrappuntistica* (1910/1921), visualisiert als Zeichnung einer Kathedrale.

statische Geometrien und Proportionsverhältnisse sowie serielle Symmetrien reflektiert.¹¹ Die Grundannahme, dass Klänge samt ihrer Transformationsprozesse als Massenphänomene aufgefasst werden können, überschritt jegliche Grenzen der seriellen Manipulation.¹² Für Xenakis ist es die Aufgabe des Künstlers, diese Phänomene qualitativ und vor allem auch quantitativ wie ein Bildhauer zu

10 Genannt seien hier auch seine Interessen für Astronomie, sowie für Wolken (*nuages sonores*) und dem Kosmischen, mit dem eine bestimmte Vorstellung von Raum einhergeht.

11 Vgl. Matossian 2005, 101.

12 Vgl. Matossian 2005, 67. Zudem muss gesagt werden, dass serielle Stücke vorwiegend für kleinere Ensembles geschrieben wurde.

nutzen, also genau jene Massen nicht nur visuell und plastisch, sondern vor allem in einem auditiven Sinne zu formen.¹³ Xenakis war der Überzeugung, dass eine solche Konzeption von Klang den Zuhörern eine unmittelbare Erfahrungsebene bietet und zwar jenseits von komplizierten Konzepten, welche den Sprung von einer Idee zu deren sinnlichen Erfahrung nicht schaffen.

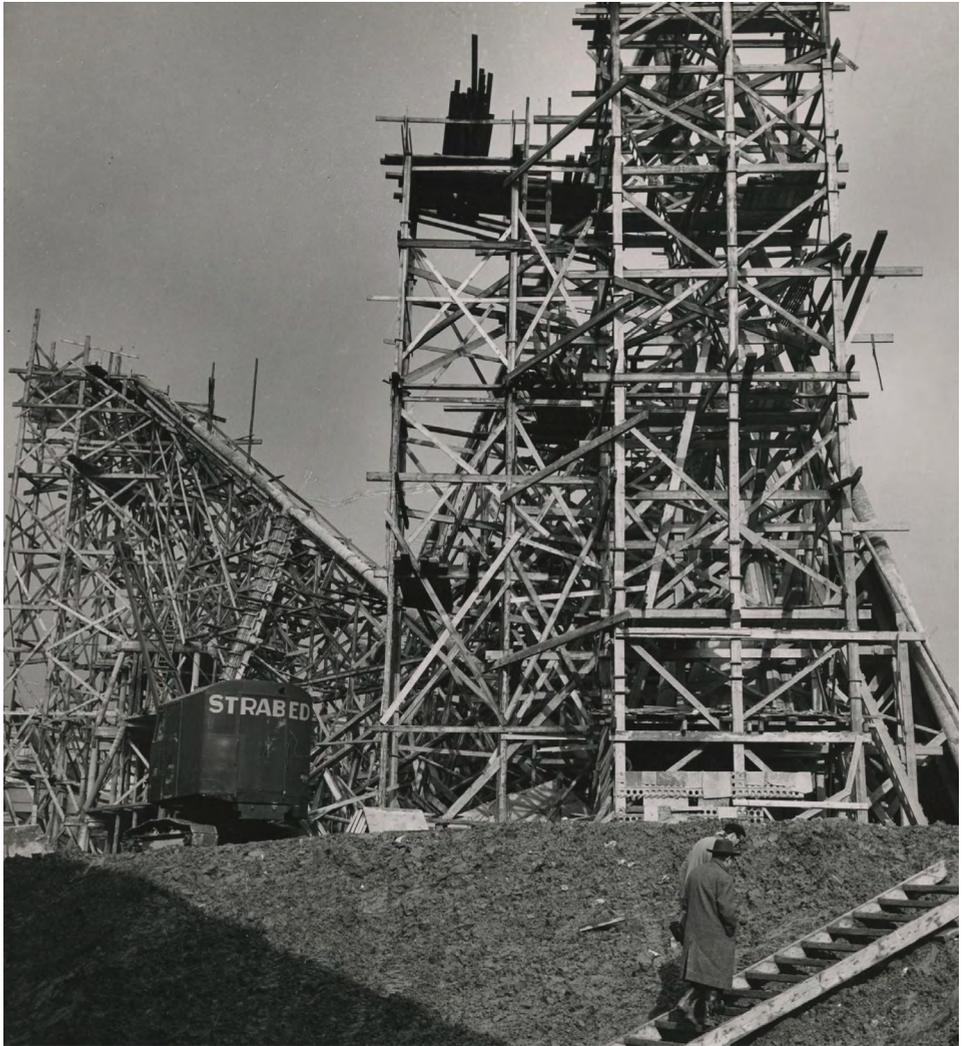
Xenakis' Formdenken sollte die rein formale und geometrische Ebene verlassen und grundlegendere Strukturen des biologischen und kulturellen Lebens untersuchen. Die biologischen Erklärungsmodelle der Evolution von Formen waren hierfür nicht mehr ausreichend. Andere physikalische Analysemethoden und deren mathematische Grundlagen waren notwendig, um dynamische Prozesse von Klangphänomenen, aber auch das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen und deren graphische Ausformung mathematisch herzuleiten und logisch zu erklären. Vor allem die Wahrscheinlichkeitstheorie sollte Xenakis neue Türen eröffnen und damit der intuitiven Aufzeichnung ein präzises Analysemodell für die Organisation seiner Graphiken entgegenstellen. Damit stand er ganz in der Tradition der westlichen Musik, welche auf dem pythagoräischen Prinzip von Zahlenverhältnissen beruht und nach strengen Regeln und Parametern organisiert wird,¹⁴ und damit seit der Antike als eine Schnittstelle zwischen Architektur und Musik aufgefasst wird.

13 Vgl. Matossian 2005, 14.

14 Die Geschichte des Kontrapunktes und der Harmonielehre zeigen dies exemplarisch.



57 Lehrgerüst zur
Anbringung der Module.

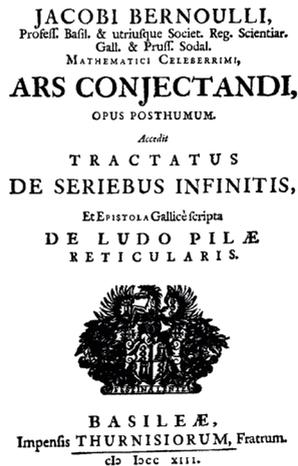


58 Lehrgerüst zur
Anbringung der Module.

Thermodynamik und Stochastik

Modelle der Aufzeichnung in Physik und Mathematik

Der Begründer der Wahrscheinlichkeitslehre ist der Schweizer Gelehrte Jakob Bernoulli (1654-1705), der mit dem Werk *Ars Conjectandi* (1713)¹ den Grundstein zur Entwicklung der Stochastik legte. Der Begriff ‚Ars Conjectandi‘ kommt



59 Schmutztitel von *Ars Conjectandi*,
Jakob Bernoulli.

aus dem Lateinischen und bedeutet die ‚Kunst der Mutmaßung‘, während der Begriff Stochastik auf die griechische Sprache zurückgeht und den Oberbegriff für Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik meint. Einige Jahre vor Bernoullis Erkenntnissen beschreibt Johannes Micraelius in seinem *Lexikon Philosophicum* (1661): „Conjectura [Wahrscheinlichkeit] est medium inter scientia et ignorantiam [...]“² was soviel bedeutet wie: Wahrscheinlichkeit ist ein Medium zwischen Wissenschaft und der Unkenntnis. Bernoulli war ebenso der Entdecker des Gesetzes der großen Zahlen, sowie der Bernoulli Verteilung,³ die man zur Beschreibung von zufälligen Ereignissen verwendet. Diese Annäherung an Phänomene ist ein Versuch dem zufälligen Auftreten von Ereignissen zu entkommen und das Unverständliche zu

1 Das Werk ist posthum erschienen und wurde wohl um 1670 verfasst.

2 Micraelius zit. nach Baltensperger 1996, 565.

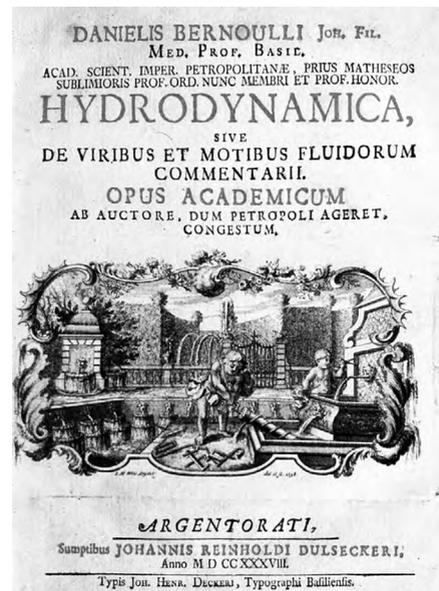
3 Vgl. Müller 2007, 82.

erklären. Phänomene sollten dabei beobachtet, erahnt und, wenn auch künstlich, mathematisch erzeugt und somit kontrolliert werden. Das Werk des französischen Physikers, Mathematikers und Astronoms Pierre-Simon Laplace (1749-1827) war zentral, da es den Determinismus wieder in die Wissenschaft einführte.⁴ In seinem Werk *Théorie Analytique des Probabilités* (1812) vertrat er die These, dass man trotz fehlender Daten zu Resultaten kommen kann. Laplace' Schüler Siméon Denis Poisson (1781-1840) hat weitere Erkenntnisse in die Diskussion über Wahrscheinlichkeiten gebracht, welche er 1838 veröffentlichte. Auf ihn geht die Poisson-Verteilung zurück, „eine diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung, mit der die Anzahl von Ereignissen modelliert werden kann, die bei konstanter mittlerer Rate unabhängig voneinander in einem festen Zeitintervall oder räumlichen Gebiet eintreten.“⁵

Die wohl bedeutendsten Erkenntnisse lieferte der Mathematiker, Astronom, Geodät und Physiker Carl Friedrich Gauß (1777-1855). Seine Untersuchungen zur Dichte der Normalverteilung, also die Wahrscheinlichkeitsverteilung von

zufällig um einen Mittelwert streuenden Daten, welche er 1809 bekannt gab, war bahnbrechend.⁶

Neben der Wahrscheinlichkeitsrechnung war es die Thermodynamik und ihre Gesetzmäßigkeiten, welche auf Xenakis große Faszination und einen großen Einfluss ausgeübt hat. Hier war es ebenso ein Mathematiker und Physiker aus der Schweizer Gelehrtenfamilie, nämlich Daniel Bernoulli (1700-1782), der in



60 Schmutztitel von *Hydrodynamica*, Daniel Bernoulli, 1738.

4 Vgl. Müller 2007, 79.

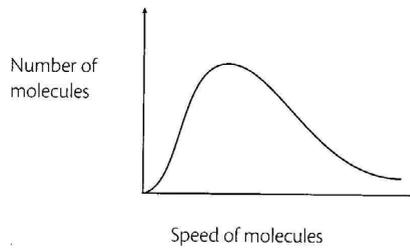
5 <https://de.wikipedia.org/wiki/Poisson-Verteilung>, Zugriff: 01.09.2016.

6 Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Friedrich_Gau%C3%9F, Gauß, Zugriff: 01.09.2016.

seinem Buch *Hydrodynamica* (1738) die Kinetische Gastheorie entwickelte, welche fundamental für die mechanische Physik sein sollte.⁷

Im 19. Jahrhundert arbeiteten eine Reihe von Wissenschaftlern gleichzeitig an der Erforschung von Molekülen und deren Wirkungsweisen und gaben der Thermodynamik ihre umfassende Bedeutung. Ein wichtiger Beobachter, der bereits 1828 die unregelmäßige und zufällige Bewegung von Teilchen in Flüssigkeiten und Gasen entdeckte, war der Botaniker Robert Brown (1773-1858).⁸ Die Gaußsche-Verteilungskurve ist mitunter ein Modell zur Erklärung dieser sogenannten *Brownschen Bewegung* (►62).

Die Untersuchung der Bewegung von Atomen sollte ab der Mitte des 19. Jahrhunderts von unterschiedlichen Akteuren gleichzeitig vorangetrieben werden. Einer von ihnen war der schottische Physiker James Clerk Maxwell (1831-1879), der den Zusammenhang von Wahrscheinlichkeit und Thermodynamik erkannte.⁹ Ebenso hat er 1860 in



61 Geschwindigkeitsverteilung nach Maxwell und Boltzmann.

seinen Berechnungen die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Bewegung von Atomen eines Gases im thermischen Gleichgewicht entdeckt.¹⁰ Ludwig Boltzmann (1844-1906), der österreichische Physiker hat Maxwells Erkenntnisse verallgemeinert. Ihre gemeinsamen Erkenntnisse wurden anschließend als Maxwell-Boltzmann-Verteilung bekannt.

Xenakis' Überzeugung von der Kinetischen Gastheorie war sehr groß: „Tous ces événements [Naturphänomene] sont régis par pratiquement les mêmes règles logiques, les memes formules que l' homme a inventées pour la „theorie cinetique des gaz“ et qui sont résumées par les équations du calcul des probabilités.“¹¹

7 Vgl. Ingo Müller 2007, 82. Sein Vater hatte das Buch 7 Jahre zuvor als Plagiat veröffentlicht. Er selbst war der Neffe von Jakob I. Bernoulli.

8 Vgl. Müller 2007, 273.

9 Vgl. Müller 2007, 91.

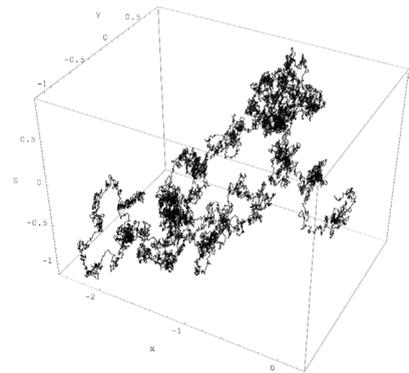
10 Vgl. Müller 2007, 87.

11 Xenakis 1971, 28.

Das Konzept der Entropie¹² spielt hier eine zentrale Rolle. Diese steht eng in Verbindung zur Theorie der Wärme und der Erhaltung von Energie. Verwendung findet der Begriff in der Thermodynamik erstmals 1865 bei Rudolf Clausius (1822-1888), der diese bei seinen Experimenten an Wärmekraftmaschinen erforschte. Entropie sollte in der Thermodynamik jedoch durch Ludwig Boltzmann zu einer bedeutende Größe werden, nämlich durch seine statistische und probabilistische Interpretation derselben.¹³ „It provides a deep insight into the strategy of nature and explains irreversibility.“¹⁴ „In dieser Arbeit kommt Boltzmann mit wahrscheinlichkeitstheoretischen und kombinatorischen Argumenten zu dem Schluss, dass der Übergang zum thermischen Gleichgewicht und die damit verbundene Erhöhung der Entropie einem Übergang von einem unwahrscheinlicheren zu einem wahrscheinlicheren

Zustand entspricht.“¹⁵ Damit stand fest, dass die Thermodynamik den stochastischen und probabilistischen Aspekt von natürlichen Prozessen anerkannt hat.¹⁶ Damit zeigte sich ebenso, dass die Doktrin von Energie und Entropie die Welt beherrscht; Energie ist deterministisch und Entropie begünstigt den Zufall.¹⁷

All diese Wissensfelder verwenden Graphen zur Darstellung von Daten, zur Darstellung von Verteilungen, von Entwicklungen und Veränderungen, zur Verbindung von Punkten.



62 Brownsche Bewegung, nach dem Wiener-Prozess von Norbert Wiener.

12 Während das regelmäßige Auftreten von Ereignissen in Zeit und Raum durch eine niedrige Entropie gekennzeichnet sind, also einer Entropie von 0, d. h. von einer hohen probabilistischen Vorhersehbarkeit, so sind unregelmäßige Abläufe von einer hohen Entropie von 1 gekennzeichnet also probabilistisch unvorhersehbare Ereignisse in Zeit und Raum.

13 Vgl. Müller 2007, 94.

14 Müller 2007, 94.

15 https://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Boltzmann, Zugriff: 01.09.2016

16 Vgl. Müller 2007, Preface.

17 Vgl. Müller 2007, Preface.

Jenseits von Statik

Klangmassen

und ihre

Aufzeichnung

*„Inversely, and this is what particularly interests us here, to work like architects on the sonic material in order to construct complex sounds and evolutions of these entities means that we must use macroscopic methods of analysis and construction.“**

Iannis Xenakis

* *Formalized Music*, 49–50.

Im Herbst 1954 fand das erste Treffen zwischen Iannis Xenakis und Hermann Scherchen statt. Xenakis besuchte die Proben zur Uraufführung von Edgar Varèses Stück *Déserts* in Paris, das von Scherchen dirigiert wurde. Über Umwege hatte Scherchen die Partitur von Xenakis' *Astenaria* gesehen und wollte diese mit ihm besprechen. Bei einem Treffen um 7 Uhr morgens in Scherchens Hotelzimmer bekundete Scherchen sein Interesse und gab Xenakis die Partitur zurück. Als Xenakis bereits den Raum verlassen wollte, sah Scherchen ein Bündel Papier unter seinem Arm und bestand darauf Einsicht nehmen zu dürfen. Es war Xenakis' auf „Architektenpapier“ handgezeichnete Partitur von *Metastaseis*, in einer Größe von 1m x 70cm. Scherchen, der noch im Bett lag, vertiefte sich in die Zeichnungen und als er fertig war, bedeckten ihn die großen Blätter zur Gänze.¹ Scherchen war begeistert: „In fact it does not come out of music at all, but from somewhere completely different.“²

Die Radikalität dieser Komposition und ihre Eigenheit waren nicht zu übersehen. Die Übereinkunft von architektonischer Zeichnung und Klangvisionen, die Analogie zu räumlichen Formen und die völlig neuartige Konzeption von *Glissandi*, die in dieser Weise nur durch Zeichnungen realisiert werden konnten, zeichnet diese Komposition bis heute aus. Hier fanden Klang als Organisation von Klangmassen, die Entwicklung einer groben Gesamtform, die Transformation von Zuständen und weniger „musikalische“ Ideen in Xenakis' erster avantgardistischer Komposition³ und allgemein zum ersten Mal Anwendung.

Der Moment der selbstbewussten Öffnung und damit der Offenbarung seiner Ideen war der Ausgangspunkt einer transdisziplinären Reise. Frei von Konventionen entwickelte Xenakis seine eigene Methode, um Klang aufzuzeichnen und beeindruckte damit alle, die Musik in den klassischen Kategorien dachten. Die Entdeckung seiner eigenen Interessen und Qualitäten war eher intuitiv, aber

1 Vgl. Matossian 2005, 87-88.

2 Scherchen zit. nach Matossian 2005, 88.

3 Bevor Xenakis *Metastaseis* geschrieben hat, beschäftigte er sich mit griechischer Musik und mit der Vertonung von Gedichten.

dennoch eng mit seinen wissenschaftlichen Auseinandersetzungen verbunden. „At the beginning there were the discoveries of mass, of sounds in mass. There was a kind of vision, of explosion in my mind. It was so clear and I knew it was different. Within a few weeks the idea came completely formed that I could work with strings in a completely different way, a new way.“⁴ Damit legte er den Grundstein für seine Beschäftigung mit stochastischen Strukturen, ihren Analysemodellen sowie ihren graphischen Ausformungen, welche erst im Anschluss an *Metastaseis* verfeinert und durch präzise wissenschaftliche Modelle Anwendung finden sollten. Die anfänglichen Graphiken stellten jedoch eine Aufnahme architektonischer, räumlicher, sowie zeitlich-physikalischer Qualitäten dar und sind deshalb für die Schnittstelle zur Architektur essentiell.

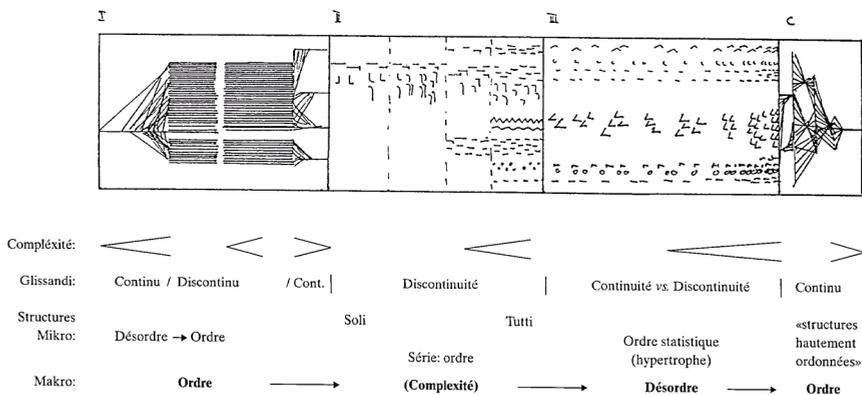
Dies waren die Grundideen aus der *Metastaseis* entwickelte wurde, dessen Titel für Xenakis „den dialektischen Gegensatz zwischen *Meta* (jenseits, nach) und *Stasis* (Unbeweglichkeit)“⁵ bezeichnet. Demnach ist es eine Komposition, welche die bereits besprochenen Massenklangphänomene erfindet und Transformationsprozessen unterzieht, von Ordnung zu Unordnung, von Bewegung zu Stillstand, vom höchsten zum geringsten Maß an Entropie und somit den Wandel von Qualitäten vollzieht.

In *Metastaseis* finden wir bereits zwei wesentliche Gestaltungselemente, die Xenakis als Ausgangsmaterial in vielen Kompositionen verwendete und für ihn die Grundbeschaffenheit von Klängen charakterisieren: punktuelle (*Pizzicati*) und kontinuierliche (*Glissandi*) Klangereignisse. Auch wenn das *Glissando* in der Musik als Klangelement bereits bekannt war, wie z. B. bei Varèse oder Strawinsky, so waren gleitende Töne jedoch noch nie „derart systematisch und darüber hinaus in solchen Massen in einem Musikwerk erschienen.“⁶ Gleichzeitig erfolgte „die Ablösung fester Tonbeziehungen durch *Glissando*-Strukturen [...]

4 Xenakis im Interview mit Matossian, zit. nach Matossian 2005, 101.

5 Varga 1995, 71.

6 Baltensperger 1996, 46.



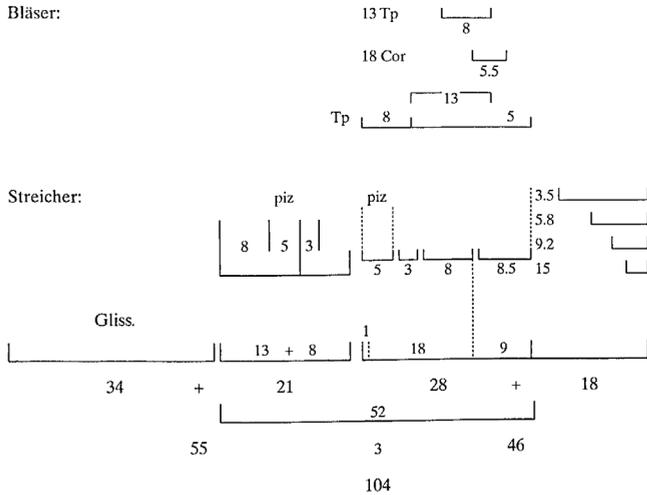
63 Gesamtverlauf von *Metastaseis*, von Ordnung, zu Komplexität, zu Unordnung und wieder zurück zu Ordnung.

als Absage an serielles Musikdenken.⁷ Dabei wertet Xenakis die unterschiedlichen Zustände nicht, denn es geht nicht um den einen oder den anderen Zustand. Es geht vielmehr um die Veränderung von Einem zum Anderen, also um die Addition vieler Partikel oder Linien und deren Organisation, wobei die Masse von einer Gleichförmigkeit, einer Symmetrie oder aus dem Chaos, sich zu einer schneller oder langsamer, bis hin zum Stillstand verändert. Der vermeintliche Widerspruch dieser Aussage wird durch die zeitliche Dimension aufgehoben welche der Musik immanent ist.

Die bereits angesprochenen Zustände einer gewissen Ordnung finden gemäß der thermodynamischen Zustände von Flüssigkeiten und Gasen sowie ihrem Verhalten, zum Einen als *Glissandi*, zum Anderen als *Pizzicati*, also als punktuellen Klangereignissen und perkussiven Klängen (Schlägen), Anwendung.⁸ Beide Elemente, *Pizzicati* und *Glissandi*, können laut Xenakis nach denselben Prinzipien organisiert und geformt werden. Dabei stellt sich die Frage,

7 Frisius 1994, 1341.

8 Vgl. Xenakis 1971, 21.



64 Numerische Einteilung anhand der Proportionen des Goldenen Schnittes der ersten 104 Takte von *Metastaseis*.

ob man Klangwesen (*êtres sonores*) konstruieren kann, welche aus maximaler Kontinuität bzw. Diskontinuität bestehen.⁹ Während der Begriff der Dynamik¹⁰ im gängigen Musikjargon für die Veränderung von Klangeigenschaften und Artikulationen in einer Partitur verwendet wird, (Lautstärken wie *forte*, *mezzoforte*, *piano*, *crescendo*, Klangfarben wie *flageolett*, *staccato*, zeitliche Hinweise wie *ritardando*, *ritenuto*, etc.), erweiterte Xenakis diesen Begriff und entkoppelte ihn von semantischen Schwerpunkten in der Aufführungspraxis. Er verwendete Dynamik vielmehr als Grundphänomen von Klängen und als Zustand eines Klangfeldes, das uns ständig umgibt, sich ständig verändert und nicht nur verklingt.

Die Klänge, welche das Grundmaterial der Komposition bildeten, wurden im Voraus definiert. Xenakis' Entscheidung für Orchester zu schreiben, stand für eine Auseinandersetzung mit traditionellen Orchesterklängen und

9 Vgl. Xenakis 1971, 21.

10 Lehre von der Bewegungsveränderung.

deren Interpretation mittels neuer Kompositionsmethoden. Die Auswirkungen seiner radikalen Ansätze konnten sich auf diese Weise noch klarer bei den Zuhörern abzeichnen. *Metastaseis* ist für 61 Instrumente in einer Divisi-Partitur¹¹ geschrieben (12 Holzblasinstrumente, 3 Perkussionisten und 46 Streicher). Die Arbeit mit Streichern barg für ihn dabei den Vorteil, Klangextreme wie *Pizzicati* und *Glissandi* in einem Instrument zu vereinen, was anderen Saiteninstrumenten wie der Gitarre und dem Klavier nicht möglich ist.

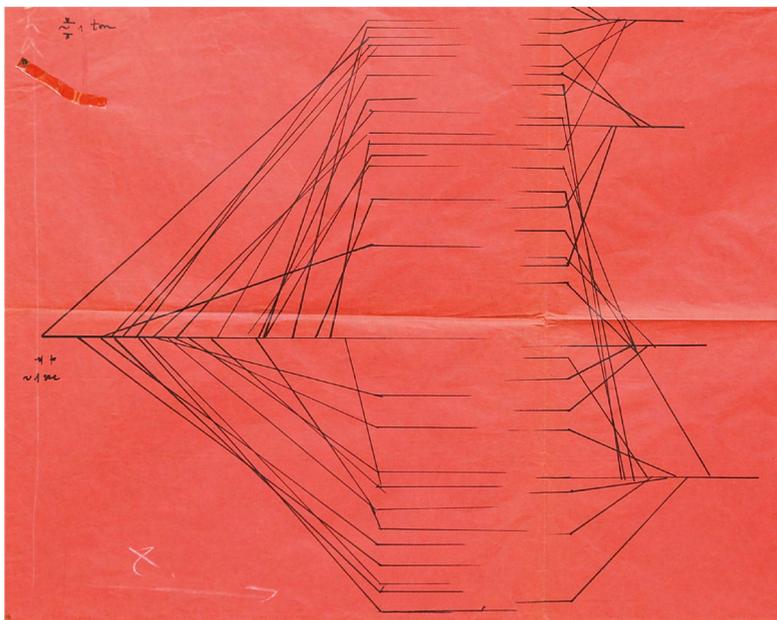
Die Makrostruktur, der die Schwankungen von unterschiedlichen Zuständen, Dichtigkeitsfeldern (*Champs de densité sonore*) und Strukturen unterliegen, ist eine numerische Einteilung in Abschnitte, welche den Zahlenproportionen des Goldenen Schnittes folgen. So ist jeder der vier Teile des Stückes durch die Fibonacci Zahlenreihe (55-34-21-13-8-5-3-2-1)¹² strukturiert (►64). Die unmittelbare Erfahrbarkeit der Klänge und deren Morphologie soll vor allem in Bezug auf die Veränderung der Makrozustände passieren (►63), jedoch nicht in Bezug auf die Proportionen der Einteilung, welche ausschließlich als Grundgerüst für die allgemeine Abwicklung des Stückes dienen. Diese Methode der Festlegung von Größen bzw. der Anwendung des Goldenen Schnittes wurde im 20. Jahrhundert sehr häufig eingesetzt, nicht nur in der Architektur, sondern vor allem auch in der Musik. In Xenakis' frühem Werk stellt sie eine klare Übertragung der in Le Corbusiers Atelier praktizierten Inhalte dar, wovon er sich in späteren Kompositionen jedoch distanzierte. Damit einher geht die zunehmend gänzliche Abkehr vom traditionellen Ansatz von Harmonie und Proportion und die Hinwendung zu abstrakten Gebilden.

Ausgehend von diesem Raster entwickelt sich das Stück von einem Grundton aus, hin zu einem Zustand der Komplexität, welcher sich seinerseits in einen Zustand der Unordnung verwandelt, um schlussendlich über ein kontinuierliches

11 Siehe Glossar.

12 Vgl. Baltensperger 1996, 245.

Zusammengleiten der Töne wieder in ein Unisono¹³ zu münden. Dieses befindet sich um einen Halbton höher als der Anfangston des Stückes. Im mittleren Teil wurde der Ansatz, welcher sich zwischen Graphik, Visualisierung und Physik bewegt, zugunsten einer seriellen Methode aufgegeben. Mit diesen fragmentierten Klangereignissen bezieht sich Xenakis auf Olivier Messiaen und seine Theorie der Reihentechnik. Die serielle Kompositionsmethode dieses Abschnittes, sowie die Verwendung des Goldenen Schnittes, stehen in Kontrast zu Xenakis' eigentlichen Innovationen in diesem Stück.



65 Glissandi in *Metastaseis* bis Takt 104.

Die Bewegung und die Veränderung findet in der Gesamtheit der *Glissando*-bündeln statt, während die einzelnen *Glissandolinien* immer geradlinig sind. Ihr Vektor setzt sich aus der Hypotenuse eines Dreiecks zusammen, die durch die

13 Siehe Glossar.

beiden anderen Werte, Dauer und Intervall der Tonhöhe, erzeugt wird.¹⁴ Sowohl *Metastaseis* als auch *Pithoprakta* oszillieren zwischen diesen beiden Extremen – der kompletten Rarifizierung der Klangereignisse sowie der Erhöhung der Dichte und Kontinuität derselben. Dabei kann die Erhöhung oder Verringerung der Ordnungsstrukturen unabhängig davon stattfinden.

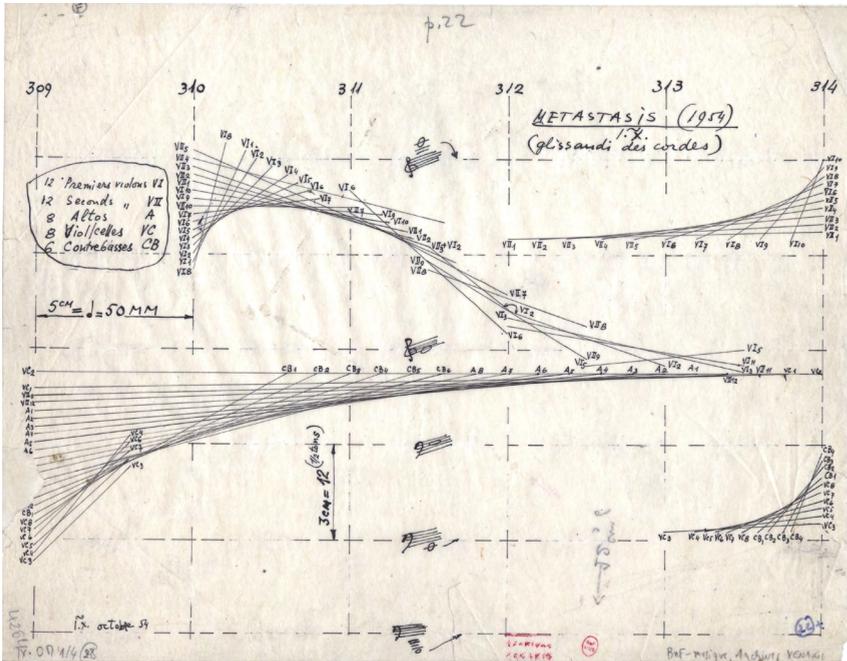
Während in *Metastaseis* die graphische Ordnung noch einen zeichnerischen Charakter hat und Ordnungsstrukturen intuitiv aufgezeichnet wurden, so tendieren diese Strukturen in späteren Kompositionen immer stärker zum Chaos und seiner mathematischen Herleitung. Entscheidend dabei ist der Ausgangs- sowie Endpunkt des jeweiligen *Glissandos*, sowie die Relation der sich ergebenden Linien zueinander. Die jeweiligen Zustände beschreibt Xenakis ganz im Sinne der thermodynamischen Forschung mit dem metaphorischen Begriff der „Temperatur“.¹⁵ Grundsätzlich können diese gleitenden Klänge sensorisch und physikalisch der Bedeutung von Geschwindigkeit zugeschrieben werden; eine erhöhte Temperatur einer Masse ist letztendlich equivalent mit einer erhöhten Geschwindigkeit der Bewegung ihrer Teilchen.¹⁶

Für die *Glissandi*-Strukturen lassen sich in *Metastaseis* drei unterschiedliche Organisationsformen erkennen. Die erste Form bilden *Glissandi*, welche sich ausgehend von einem gemeinsamen Grundton positiv (steigend) oder negativ (sinkend) entwickeln (►65). Die zweite Form sind *Glissandi*, welche sich aus Tangenten einer umschreibenden Hyperbel zusammensetzen und somit die Projektion eines dreidimensionalen hyperbolischen Paraboloids in eine zweidimensionale Ebene darstellen (►66). Diese Tangenten entstehen durch die Verbindung zweier Punktescharen, welche eine stetige, jedoch unterschiedliche Teilung aufweisen. Die einzelnen *Glissando*-Projektionen entsprechen dem Verhältnis des goldenen Schnittes sowohl in ihren Längenverhältnissen der einzelnen Linien,

14 Vgl. Xenakis 1971, 12,

15 Temperatur misst die Mittlere Kinetische Energie von Molekülen, Vgl. Müller 2007, 77.

16 Ebda.



66 Skizze der Takte 309-314 von *Metastaseis*.

als auch im Gesamtverhältnis von Tondauer und Tonhöhe, da sie im Raster mit dem Verhältnis 3/5 (Höhe/Länge) eingeschrieben wurden.¹⁷ Die dritte Form bilden *Glissandobündel*, welche zum Unisono am Ende des Stückes führen (►67). Hier sind die Startpunkte der einzelnen *Glissandi* in regelmäßigen Abständen auf der vertikalen Tonskala angeordnet. Die Dichte der Anfangspunkte variiert an unterschiedlichen Stellen der Skala, jedoch ist der Abstand der einzelnen *Glissandibündel* in seiner Dichte konstant, wie es auch bei hyperbolischen Paraboloiden der Fall sein muss. Einzelne *Glissandolinien* bilden jedoch Ausnahmen, da sie nicht in die Ordnung einer Fläche integriert sind. Das *Glissando* beginnt seinen Lauf somit aus unterschiedlichen Dichten, gruppiert sich in Bündel mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten/Steigungen und entwickelt sich in acht Takten hin zu einem Wendepunkt mit geringerem Tonumfang und

17 Vgl. Baltensperger 1996, 247

regelmäßigen Intervallabständen. Von diesem geordneten Zwischenzustand aus entwickeln sich in weiteren fünf Takten wieder einzelne Abschnitte hin zu einem geringeren Frequenzumfang, bis nach weiteren drei Takten der Endton erreicht ist. In der Skizze wird das Schwanken von Ordnungsstrukturen deutlich. Die Einteilung der Abschnitte in Zahlen der Fibonaccireihe (8-5-3-1) ergibt die Sequenzierung vertikal geordneter Wendepunkte. Es entsteht eine komplexe Form, welche im Inneren durch definierte Parameter eine hohe Ordnung entwickelt. Hier verdeutlicht sich Xenakis' Bestreben, mittels graphischer Notation, Veränderungszustände vermeintlich chaotischer Ordnungsstrukturen jenseits von Statik herzustellen. Bei diesen Strukturen ist davon auszugehen, dass sie nicht berechnet wurden, sondern eher nach graphischen Vorstellungen modelliert wurden. Genau dies ist jedoch der entscheidende Moment, in dem eine Komposition von Methoden gespeist wurde, welche bis zu jenem Zeitpunkt nicht der Musik eigen waren und tatsächlich einen gänzlich neuen, und vor allem architektonischen, Ansatz in die Musik einführten und damit den Horizont erweiterten. Weiters bezieht Xenakis folgende Position zum Verhältnis von Zeichnung und Klang, wenn er sagt: „Das Zeichnen und die Vorstellung des Klangbildes gehen Hand in Hand, man kann beides nicht voneinander trennen. Es wäre törricht, beim Zeichnen nicht daran zu denken, was in Wirklichkeit erklingen wird. Ebenso muss man in der Lage sein, die musikalische Vorstellung auf dem Papier grafisch darzustellen. Dann kann man alle gewünschten Änderungen und Abwandlungen in der Zeichnung selbst vornehmen. Diese Rückkoppelung muss immer funktionieren.“¹⁸

Die Rekonstruktion von Phänomenen, die zu einer künstlichen Reproduktion führen soll, beschreibt eine Qualität von Notation, welche stets zwischen der wahrgenommenen Realität und der konstruierten Realität schwankt. In Bezug auf Marey betont Frizot: „Die Notation birgt die Gewissheit einer objektiven bildlichen, mathematischen Festsetzung und zugleich die Ungewissheit ihrer

18 Varga 1995, 88.



69 Baustelle des Pavillons, Frühjahr 1958.



70 Baustelle des Pavillons, Frühjahr 1958.

Kybernetik

Das *Environment* und seine Steuerung

War bei Jakob Bernoulli die Wahrscheinlichkeitstheorie vor allem im Glücksspiel und in wirtschaftlichen Fragen angesiedelt, so wurde sie am Beginn des 20. Jahrhunderts immer mehr ausgeweitet und führte zur Übertragung in andere Felder, die nichts mit Gasen zu tun hatten.¹ Andrej A. Markow (1856-1922) legte mit seiner Analyse der ersten 20.000 Zeichen des Romans *Evgenij Onegin* von Puškin den Grundstein für die Sprachanalysen des 20. Jahrhunderts. Die Errechnung der Wahrscheinlichkeit von Vokalfolgen, in der Mathematik als Markovketten bekannt, bot ein mächtiges Instrument zur Sprachanalyse, das Nachrichtendienste und Suchmaschinen noch heute für sich zu nutzen wissen.² Dabei wurde die künstliche Intelligenz erfunden, welche eine neue Syntax in Wissenschaft und deren Anwendung etablierte.

Claude Elwood Shannons (1916-2001) *Mathematical Theory of Communication* (1948) baut gründet auf Markov und war ein Meilenstein der Informationstheorie,



71

Claude E.
Shannon

welche mit Daten und ihrer statistischen Handhabung arbeitete und damit das digitale Zeitalter vorwegnahm. Dabei hat eine Nachricht einen Wert, der ihren Informationsgehalt wiedergibt.³ Shannons Entropieformel gleicht unter gewissen Umständen jener Boltzmanns.⁴ Der semantische Inhalt einer Nachricht wird auf seinen Entropiegehalt reduziert, und somit auf ein Rauschen, das sich zwischen Sender und Empfänger befindet. Die Frage wie man Datensignale vom Rauschen trennen kann, war vor allem für die Entwicklung von Raketenabwehrsystemen und Kriegstechniken relevant.

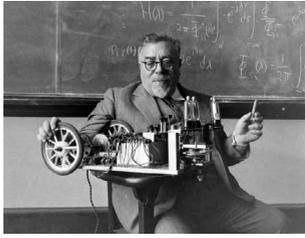
Zeitgleich hat Norbert Wiener (1894-1964) die Theorie der Kybernetik in seinem Buch *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1948) entwickelt. Der Begriff

1 Vgl. Müller 2007, 123.

2 Vgl. Hilgers/Velminski 2007, 22.

3 Vgl. Müller 2007, 124.

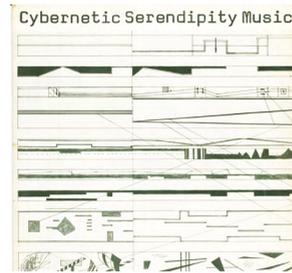
4 Ebda.



72
Norbert
Wiener

an sich leitet sich aus dem Griechischen „Steuermann“ und „Herrschaft“ ab und bezeichnet damit die Entwicklung von Steuerungstechniken. Damit verbunden waren neue Verfahren zur Analyse unserer Umwelt, aus der sich neue Strukturmodelle ablesen ließen. Wiener war Erfinder des *Wiener-Prozesses*, der die *Brownsche Bewegung* beschreibt und damit den Übergang von Thermodynamik zur Informationstheorie darstellt. Die neue Definition und Strukturierung unserer Umwelt konstruierte damit systemische Zusammenhänge, die als entwerferisches Werkzeug angewandt werden konnten. Umwelt, oder neutraler formuliert *environment*, bestand seitdem aus Daten, welche aufgrund statistischer Analysen das Verhältnis vom Mensch und seiner Interaktion mit der Natur neu definierten. Der prozessuale Charakter steht sowohl in der Analyse der natürlichen Erscheinungen, welche durch stochastische Prozesse organisiert werden, als auch in deren Operationalisierung mittels neuer technischer Medien wie etwa dem Computer

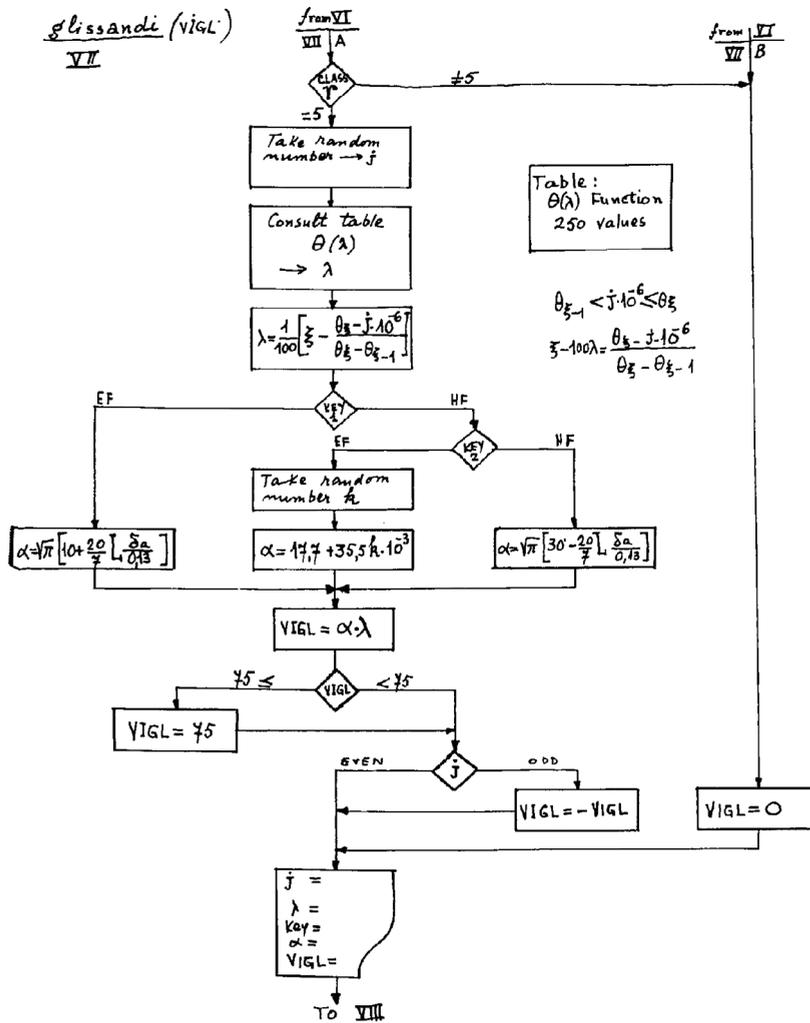
im Vordergrund (*Operational Research*). Vorhersehbarkeit, Berechenbarkeit, Kontrolle und Steuerung dieser Erscheinungen waren hier zentrales Interesse. *Responsive environments* gaben Umgebungen eine neue technische Dimension, in der Maschinen auf Menschen und somit sensibel auf ihre Umwelt reagierten. A. N. Kolmogorov definiert Kybernetik auf folgende Weise: „Science concerned with the study of systems of any nature which are capable of receiving, storing and processing information so as to use it for control.“⁵ Die Ausstellung *Cybernetic Serendipity* von 1968 stellte erstmals die neuesten Entwicklungen



73 Cover, *Cybernetic Serendipity Music*, mit Stücken von Cage, Xenakis u.a., ICA UK, 1968.

auf diesem Gebiet in ihren künstlerischen Anwendungen dar. Auf der Schallplatte, die zu dieser Ausstellung produziert wurde, befand sich ebenso eine Computerkomposition von Xenakis.

5 <https://en.wikipedia.org/wiki/Cybernetics>, Zugriff: 24.08.2016.



74 Auszug aus der ersten Flow Chart von Achorripsis.

C	PROGRAM FREE STOCHASTIC MUSIC (FORTRAN IV)	XEN	6
C		XEN	7
C	GLOSSARY OF THE PRINCIPAL ABBREVIATIONS	XEN	8
C			
C	A - DURATION OF EACH SEQUENCE IN SECONDS	XEN	9
C	A10,A20,A17,A35,A30 - NUMBERS FOR GLISSANDO CALCULATION	XEN	10
C	ALEA - PARAMETER USED TO ALTER THE RESULT OF A SECOND RUN WITH THE	XEN	11
C	SAME INPUT DATA	XEN	12
C	ALFA(3) - THREE EXPRESSIONS ENTERING INTO THE THREE SPEED VALUES	XEN	13
C	OF THE SLIDING TONES (GLISSANDI)	XEN	14
C	ALIM - MAXIMUM LIMIT OF SEQUENCE DURATION A	XEN	15
C	(AMAX(I),I=1,KTR) TABLE OF AN EXPRESSION ENTERING INTO THE	XEN	16
C	CALCULATION OF THE NOTE LENGTH IN PART 8	XEN	17
C	BF - DYNAMIC FORM NUMBER, THE LIST IS ESTABLISHED INDEPENDENTLY	XEN	18
C	OF THIS PROGRAM AND IS SUBJECT TO MODIFICATION	XEN	19
C	DELTA - THE RECIPROCAL OF THE MEAN DENSITY OF SOUND EVENTS DURING	XEN	20
C	A SEQUENCE OF DURATION A	XEN	21
C	(E(I,J),I=1,KTR,J=1,KTE) - PROBABILITIES OF THE KTR TIMBRE CLASSES	XEN	22
C	INTRODUCED AS INPUT DATA, DEPENDING ON THE CLASS NUMBER I=KR AND	XEN	23
C	ON THE POWER J=U OBTAINED FROM $V3*EXP(U)=DA$	XEN	24
C	EPSI - EPSILON FOR ACCURACY IN CALCULATING PN AND E(I,J) WHICH	XEN	25
C	IT IS ADVISABLE TO RETAIN.	XEN	26
C	(GN(I,J),I=1,KTR,J=1,KTS) - TABLE OF THE GIVEN LENGTH OF BREATH	XEN	27
C	FOR EACH INSTRUMENT, DEPENDING ON CLASS I AND INSTRUMENT J	XEN	28
C	GTNA - GREATEST NUMBER OF NOTES IN THE SEQUENCE OF DURATION A	XEN	29
C	GTNS - GREATEST NUMBER OF NOTES IN KW LOOPS	XEN	30
C	(HAMIN(I,J),HAMAX(I,J),HBMIN(I,J),HBMAX(I,J),I=1,KTR,J=1,KTS)	XEN	31
C	TABLE OF INSTRUMENT COMPASS LIMITS, DEPENDING ON TIMBRE CLASS I	XEN	32
C	AND INSTRUMENT J, TEST INSTRUCTION 480 IN PART 6 DETERMINES	XEN	33
C	WHETHER THE HA OR THE HB TABLE IS FOLLOWED, THE NUMBER 7 IS	XEN	34
C	ARBITRARY.	XEN	35
C	JW - ORDINAL NUMBER OF THE SEQUENCE COMPUTED.	XEN	36
C	KNL - NUMBER OF LINES PER PAGE OF THE PRINTED RESULT,KNL=50	XEN	37
C	KR1 - NUMBER IN THE CLASS KR=1 USED FOR PERCUSSION OR INSTRUMENTS	XEN	38
C	WITHOUT A DEFINITE PITCH.	XEN	39
C	KTE - POWER OF THE EXPONENTIAL COEFFICIENT E SUCH THAT	XEN	40
C	DA(MAX)= $V3*(E**KTE-1)$	XEN	41
C	KTR - NUMBER OF TIMBRE CLASSES	XEN	42
C	KW - MAXIMUM NUMBER OF JW	XEN	43
C	KTEST1,TAV1,ETC - EXPRESSIONS USEFUL IN CALCULATING HOW LONG THE	XEN	44
C	VARIOUS PARTS OF THE PROGRAM WILL RUN.	XEN	45
C	KTI - ZERO IF THE PROGRAM IS BEING RUN, NONZERO DURING DEBUGGING	XEN	46
C	KTP - NUMBER OF LOOPS, EQUAL TO 15 BY ARBITRARY DEFINITION.	XEN	47
C	(MOD1(I,X),I,X=7-1) AUXILIARY FUNCTION TO INTERPOLATE VALUES IN	XEN	48
C	THE TETA(256) TABLE (SEE PART 7)	XEN	49
C	NA - NUMBER OF SOUNDS CALCULATED FOR THE SEQUENCE A(NA=DA*A)	XEN	50
C	(NT(I),I=1,KTR) NUMBER OF INSTRUMENTS ALLOCATED TO EACH OF THE	XEN	51
C	KTR TIMBRE CLASSES.	XEN	52
C	(PN(I,J),I=1,KTR,J=1,KTS), (KTS=NT(I),I=1,KTR) TABLE OF PROBABILITY	XEN	53
C	OF EACH INSTRUMENT OF THE CLASS I.	XEN	54
C	(O(I),I=1,KTR) PROBABILITIES OF THE KTR TIMBRE CLASSES, CONSIDERED	XEN	55
C	AS LINEAR FUNCTIONS OF THE DENSITY DA.	XEN	56
C	(S(I),I=1,KTR) SUM OF THE SUCCESSIVE O(I) PROBABILITIES, USED TO	XEN	57
C	CHOOSE THE CLASS KR BY COMPARING IT TO A RANDOM NUMBER X1 (SEE	XEN	58
C	PART 3, LOOP 380 AND PART 5, LOOP 430).	XEN	59
C	SINA - SUM OF THE COMPUTED NOTES IN THE JW CLOUDS NA, ALWAYS LESS	XEN	60
C	THAN GTNS (SEE TEST IN PART 10).	XEN	61
C	SOPI - SQUARE ROOT OF P1 (3.14159...)	XEN	62
C	TA - SOUND ATTACK TIME, ARCISSA.	XEN	63
C	TETA(256) - TABLE OF THE 256 VALUES OF THE INTEGRAL OF THE NORMAL	XEN	64
C	DISTRIBUTION CURVE WHICH IS USEFUL IN CALCULATING GLISSANDO SPEED	XEN	65

75 Programm Code zur Komposition von stochastischer Musik, Programmiersprache: Fortran, Computer: IBM-7090.

Zwischen Fragment und Kontinuität

Notation von
Massenphänomenen als
Graphik und Wissenschaft

*„These sonic events are made
out of thousands of isolated sounds;
this multitude of sounds, seen as a
totality, is a new sonic event.“**

Iannis Xenakis

* Formalized Music 9.

Die breit gefächerte Bedeutung des Begriffs der Notation in Iannis Xenakis' Werken bringt auf der einen Seite die Notwendigkeit einer Eingrenzung des Notationsbegriffs, auf der anderen Seite die Erweiterung des thematischen Bezugsrahmens mit sich. Notation bezeichnet hier die graphische und mathematische Aufzeichnung von Phänomenen, sowie die Einschreibung ihrer Bewegungs- und Zeitstrukturen.¹ Nicht nur Massenphänomene, ihre Grafik und ihr Klang, sondern vor allem die mathematische Berechnung sowie die präzise Darstellung mittels Graphen und Punkten waren für Xenakis unabdingbar. Diese Art der Notation unterscheidet sich insofern von der klassischen Notation der Musik und der freien graphischen Notation, als sie sowohl die physikalische Aufzeichnung als auch den graphischen Entwurf nach statistischen und probabilistischen Prinzipien, jedoch auch die Inskription von musikalischen Inhalten ermöglicht. Im Folgenden geht es daher nicht um die aleatorische² und freie Form der graphischen Notation, welche durch Zufälligkeiten bestimmt ist, sondern um präzise graphische und mathematische Notationen als experimentelle Methoden zur Hervorbringung und der Kontrolle von Klängen, welche durch Zufallsstrukturen bestimmt sind. Damit kann der Kern dieser Aufzeichnungssysteme freigelegt werden, wodurch die Entdeckung von Ordnungsstrukturen und dessen Schwankung zwischen Fragment und Kontinuität die wesentliche Frage definiert: Wie kann Ordnung aus Chaos hergestellt werden? Diese allgemeine Frage richtet sich in der Musik auf die Organisation von Klang, in der Architektur auf die Organisation von Materie und ihren umgebenden Raum.

Pithoprakta ist die erste ausführlich beschriebene Komposition in *Musiques Formelles*, dem 1963 erschienenen Buch, in dem Xenakis seine Theorie einer

1 Definition auf Wikipedia: „Notation ist die Benennung von Gegenständen durch das Festhalten (qualitative und quantitative Repräsentation) von Dingen und Bewegungsverläufen in schriftlicher Form mit vereinbarten symbolischen Zeichen.“ <https://de.wikipedia.org/wiki/Notation>, Zugriff: 05.08.2016.

2 Aleatorik meint einen tatsächlichen Zufall, während im Gegensatz dazu die Stochastik einen berechneten Zufall beschreibt.

Musique Stochastique Markovienne erstmals zusammengefasst veröffentlichte.³ In diesem Buch, das Xenakis mit dem Satz „Everything is everywhere“⁴ beschreibt, geht er nur am Anfang sehr knapp auf *Metastaseis* ein, da er spezifisch stochastische und statistische Methoden in Kompositionen erst ab *Pithoprakta* (1955/56) einsetzte.

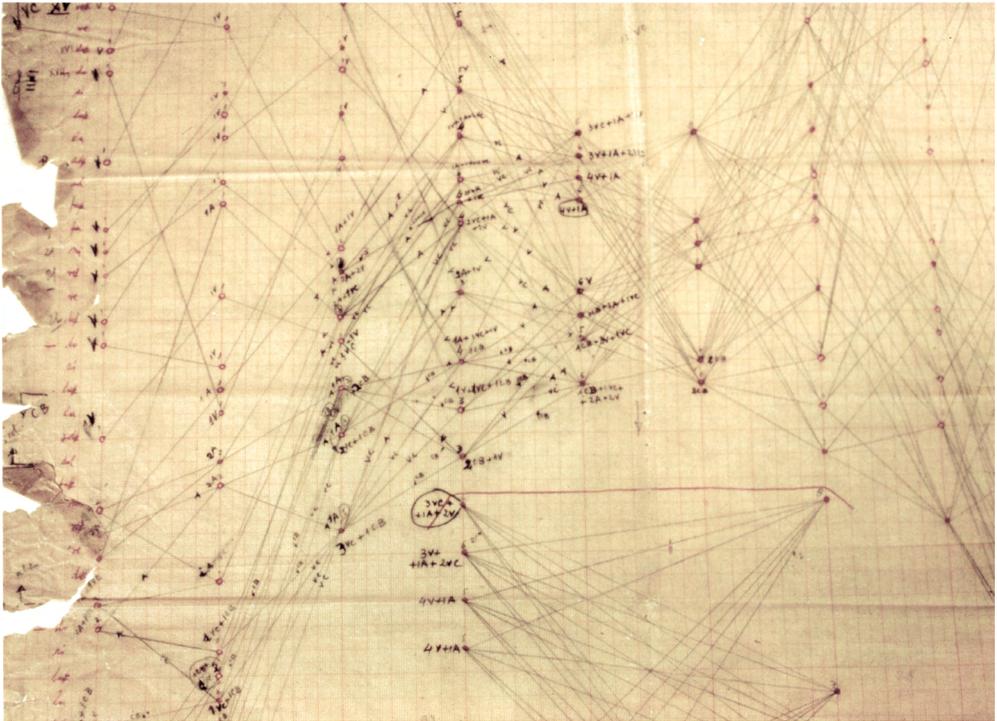
Diese letztgenannte Komposition ist in der Hochphase von Xenakis' Arbeit bei Le Corbusier und kurz vor dem Anfang der Planung des Philips Pavillons entstanden. Zudem verdichteten sich zu jener Zeit die Konstellationen aus Beziehungsketten, welche den Diskurs zwischen Musik und Architektur beeinflussten, als dessen Bindeglied seit der Antike eine mathematische Dimension galt. Sowohl die mathematischen Methoden als auch die physikalische Forschung wurden immer mehr erweitert und fanden durch ihre Erkenntnisse in unterschiedlichen technologischen Entwicklungen ihre Anwendung, z. B. in der Klangwiedergabe, in der elektronischen Klangproduktion oder etwa in der Entwicklung von Computern und anderen elektronischen Geräten. Gleichzeitig richtete sich die Architektur, vor allem nach dem zweiten Weltkrieg mit der Krise der Moderne, neu aus, fand neue Denkansätze und neue Entwurfsmethoden.

Xenakis integrierte die gemeinsame Geschichte von Mathematik und Physik in seine künstlerische Arbeit und war damit am Zahn der Zeit. Das Forschungsfeld der Thermodynamik und die daran angegliederte Wahrscheinlichkeitsrechnung lieferten für ihn die wichtigsten Erkenntnisse, da sie für seine Klangvorstellung eine rationale Erklärung vorlegten. Hier war es das Buch *Calcul des probabilités* von Paul Levy, das Xenakis durcharbeitete. Matossian beschrieb Xenakis' Ausgabe dieses Werks als „a book mended several times, old yellow paper, the spine held together with sellotape and the edges frayed, its title illegibly faded.“⁵ Des weiteren waren es jedoch auch die Informationstheorie, die

3 Einzelne Texte waren zuvor in den *Gravesaner Blättern* erschienen.

4 Xenakis 1992, viii.

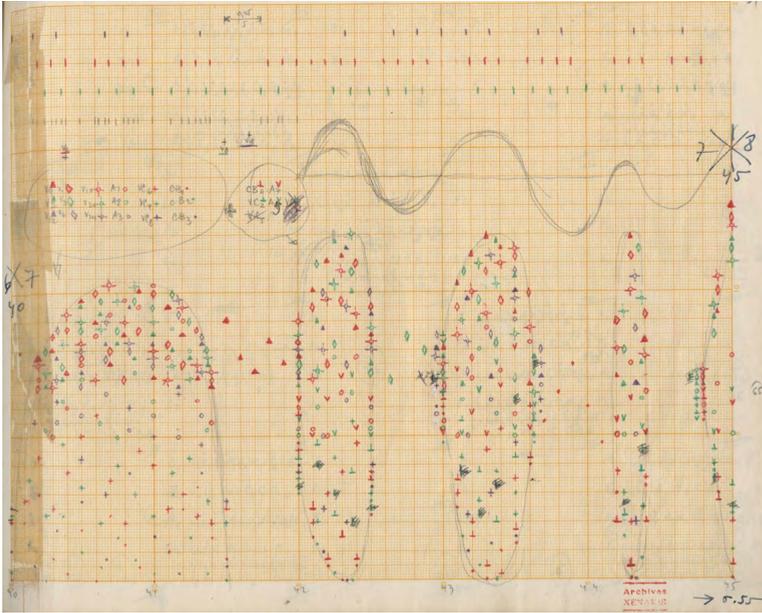
5 Matossian 2005, 94.



76 Graphische Skizze von *Metastaseis*.

Kybernetik und andere Theorien aus jener Zeit, welche Xenakis im Laufe seines Schaffens in unterschiedliche Werke einsetzen sollte. Die visuellen Mittel waren eine Hilfe, diese Klangformen zu erkennen, während ihre Regel- und Gesetzmäßigkeiten von Xenakis erst im Laufe der 1950er Jahre ergründet, vertieft und künstlerisch angewandt wurden.

Xenakis' Kritik an der Seriellen Musik war Ausgangspunkt eines radikalen methodischen Ansatzes, welcher eine Neuordnung der Klänge, abseits von gängigen Melodie- und Harmoniebegriffen etablierte. Der entscheidende Wendepunkt in der Konzeption seiner Musik war der Entschluss, von reinen Zahlenordnungen, welche als Reihen, Symmetrien, Modulationen und Proportionen Anwendung fanden, zu einer Konzeption überzugehen, welche Klang zum einen als Masse (physikalisches Artefakt), zum anderen als Massenphänomen



77 Graphische Darstellung zur Komposition *Pithoprakta*, 1956.

(Ereignisse in großen Zahlen) auffasst. Genau dieser Grat zwischen materieller Natur und immateriellen Konzepten ist bezeichnend für seine Denkweisen, die Rationalität und Kritikfähigkeit, also den menschlichen Intellekt auf der einen Seite, die Intuition und die Wahrnehmung auf der anderen Seite, stets in den Vordergrund rückten. Xenakis war der festen Überzeugung, dass man von einer erweiterten deterministischen Kombinatorik ausgehen sollte, um die Widersprüchlichkeiten der seriellen Komposition zu überwinden. Somit entstand ein Konzept von Klangwolken (*nuage des sons*), bzw. von massenhaften Klangwesen (*être sonore massique*).⁶ Der Terminus *massique* bezieht sich im Französischen sowohl auf eine große Menge an Ereignissen als auch auf die Masse als physikalische Größe, also auf eine materielle Seinsweise, die sich aus dem Verhältnis von Volumen zu Dichte bildet.

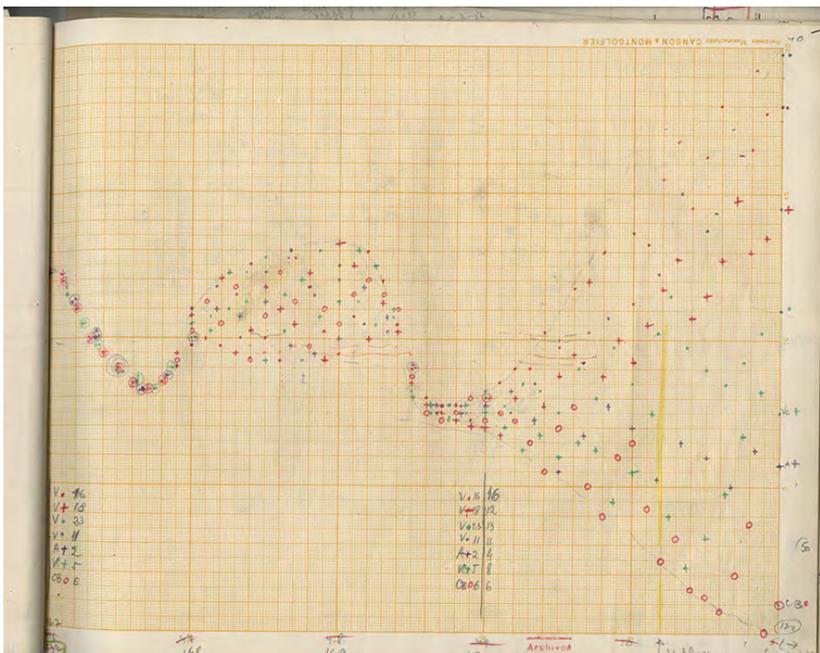
Dabei unterschied Xenakis nicht zwischen kulturellen und natürlichen

6 Vgl. Xenakis 1971, 23.

Ereignissen, denn beide können nach ähnlichen Prinzipien organisiert sein und werden. Sein zentrales Interesse war es, Beschaffenheit und Struktur dieser klanglichen Ereignisse zu erfassen, wie er in einem Text von 1962 schrieb: „La première raison vient de l’ observation et de la découverte de phénomènes sonores rares ou quotidiens que la nature ou la société nous offrent. Ainsi, par exemple, à la campagne en été le chant des cigales, qui a bercé l’ humanité et ses poètes, s’ impose à nous et on voudrait bien entrer dans la structure de cet événement, ne serait-ce que par la curiosité enfantine du ‚comment il est fait‘“⁷

Xenakis versuchte diese komplexen Klänge zu erfassen, in der Hoffnung jene Charakteristiken zu finden, welche für das Klangereignis bezeichnend sind. Ein Abstraktionsprozess war hierfür notwendig. Hierbei ermöglichte die Reduktion des Ausgangsphänomens auf wesentliche Elemente den Schluss auf allgemeine Gesetzmäßigkeiten. Aus dieser Analyse erkannte er, dass es bei den

78 Graphische Darstellung zur Komposition *Pithoprakta*, 1956.



7 Xenakis 1971, 26.

Straßenprotesten in Athen nicht etwa die einzelnen Klangelemente wie Schreie, Schüsse oder rhythmische Gesänge waren, sondern die charakteristische Verteilung von massenhaften Klangereignissen, welche sich andauernd in ihrer Zusammensetzung verändern und im Raum bewegen.⁸ Dabei faszinierte ihn der Wandel von geordneten rhythmischen Gesängen und Slogans hin zu einem Durcheinander von Geschrei, welches durch Schüsse in die Menschenmenge verursacht wurde.⁹ Geordnete Strukturen gingen dabei in chaotische Strukturen über und bewegten sich somit von einer großen Vorhersehbarkeit hin zu zufällig verteilten Ereignissen.

Die Organisation dieser Massenklangphänomene und ihrer Informationen durch komplexe Ordnungsstrukturen und graphische Darstellungsmöglichkeiten, steht eng in Verbindung mit der Formfrage und der Frage nach einer generellen Morphologie. Wenn der Ausgangspunkt die auditive Wahrnehmung eines natürlichen Phänomens war, so war seine künstliche Erzeugung und die Frage nach dessen Operationalisierung ein gestalterischer Formalisierungsprozess.¹⁰ Die Suche nach einer gewissen Logik, oder eben ihrem graphischen Ausdruck, sollte die Verständlichkeit und die künstliche Herstellung dieser Phänomene ermöglichen. Xenakis bezieht sich genau auf diese Operationalisierung, wenn er schreibt: „Puis vient le désir de reconstituer un événement semblable, non plus avec des cigales mais avec d’autres moyens sonores, avec des instruments d’orchestre ou avec des machines. Et ce désir va jusqu’à vouloir moduler, au gré de l’invention, l’événement sonore inspiré par le chant des milliers de cigales.“¹¹

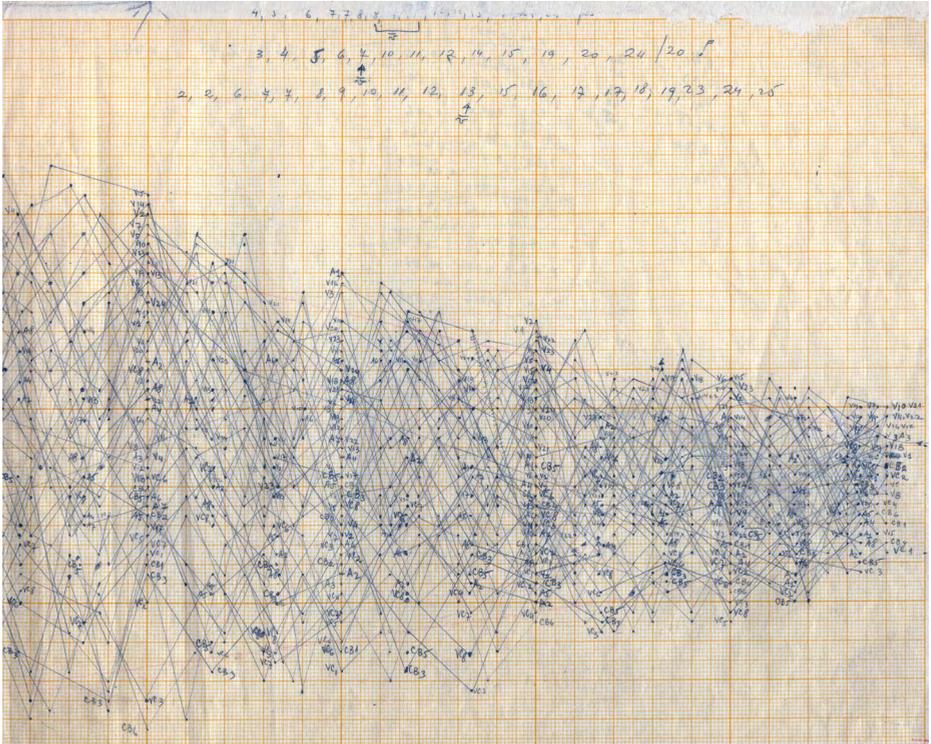
Um diesen Grad an Erfindung zu erreichen, entlehnte sich Xenakis die geeigneten Analysemethoden aus physikalischen und mathematischen Modellen

8 Vgl. Matossian 2005, 67.

9 Vgl. Xenakis in einem Interview mit Volker Banfield und Heinz Otto Peitgen. <https://www.youtube.com/watch?v=j4nj2nklbts>, Zugriff: 01.07.2016.

10 In der Architektur spricht man von Formfindung, auch wenn sich dieser Begriff mehr auf die Äußere Erscheinung, als auf die Inneren Zusammenhänge bezieht.

11 Xenakis 1971, 26-27.



79 Graphische Darstellung zur Komposition *Pithoprakta*, 1956.

zur Beschreibung von thermodynamischen und stochastischen Prozessen. Diese Methoden, welche das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen im Verhältnis ihrer Einzelteilchen zum Ganzen untersuchen, kamen seinen Klangvisionen sehr nahe, da sie sich natürlichen Prozessen annähern, sich diese aneignen und statistisch nachstellen. Vor allem wurden diese Analysen auch durch graphische Methoden vollzogen, mittels der Verwendung von Koordinatensystemen und darin eingeschriebenen punktuellen Daten und den sich daraus ergebenden Verteilungskurven. Die mathematisch-logische Herleitung vom Verhalten der Teilchen war dabei immer nur ein theoretisches Konstrukt, eine Annäherung an die Wahrscheinlichkeiten eines gewissen Zustandes. Daraus ergab sich für Xenakis das Ziel, diese Phänomene mit anderen klanglichen Mitteln und durch graphische sowie stochastische Prozesse zu rekonstruieren, zu manipulieren und

neu zu erfinden, um so eine Formalisierung von Klanggestalten zu vollziehen.¹² „Bei einer solchen Konzeption hat der einzelne Klang [*son individuel*] keine Bedeutung, [...] jedoch aber das gesamte Ensemble dieser einzelnen Klangpartikel und die Wandlung desselben – entwickelt sich der Klang in Richtung höherer Tonlagen oder hin zu tieferen Klangfarben, nimmt seine Dichte ab oder erhöht sich der Grad der Unordnung?“¹³ Aufgrund dieser Mittel und Unterscheidungen konnte Xenakis diesen Tongruppierungen ein Gesicht geben und sie in unterschiedliche Richtungen entwickeln; die allgemeinste Entwicklung etwa von Ordnung zu Chaos und vice versa.¹⁴

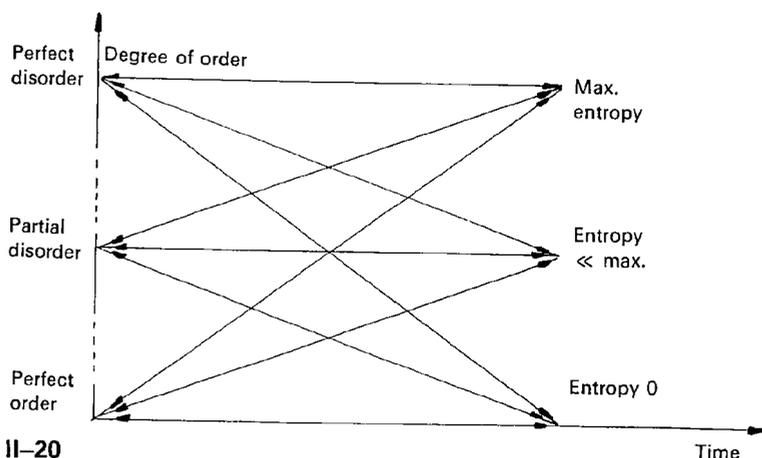


Fig. II-20

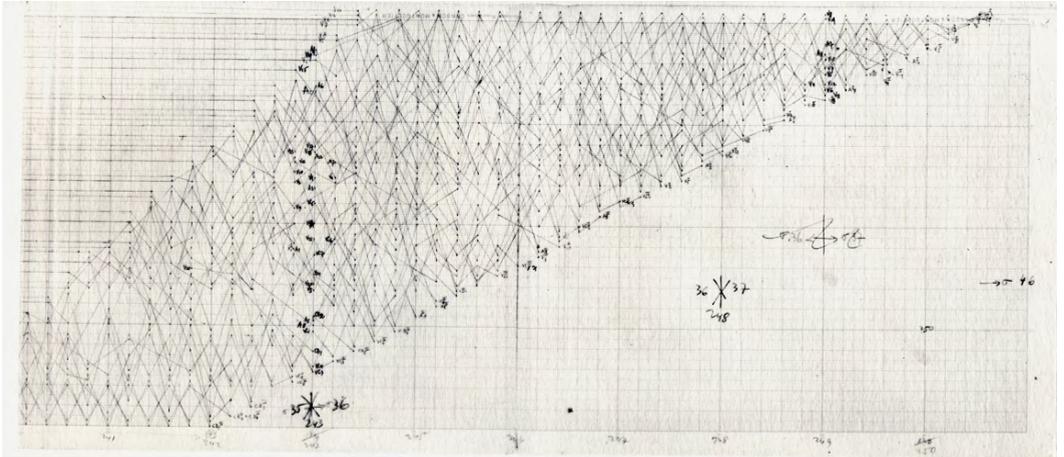
80 Schema der Ordnungsgrade und deren Schwankung zwischen Chaos und Ordnung

Xenakis' Kenntnis von Mathematik und Physik, die er sich während seines Studiums in Athen erarbeitet hatte, sollten ihm das Grundwerkzeug liefern, sich die mathematischen und physikalischen Erkenntnisse aus dem 18. und 19.

12 Vgl. Xenakis 1971, 26.

13 Xenakis 1971, 27. Übers. von Autor.

14 Vgl. Xenakis 1971, 14.



81 Graphische Darstellung zur Komposition *Pithoprakta*, 1956.

Jahrhundert in eigenständiger Vertiefung anzueignen und die in den 1950er Jahren aktuellen Entwicklungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Mathematik zu verfolgen. Verteilungsfunktionen wie jene von Gauß, Poisson, Boltzmann oder Maxwell, waren für Xenakis „a fantastic and general way to approach the problem.“¹⁵ Mit ihrer Hilfe konnte er Klangpunkte und Klanglinien nach ihren Eigenschaften verteilen und aufgrund seiner Ausgangsideen mathematisch formen. Während die Idee der Organisation von Klangmassen durch Punkte und *Glissandi* bereits in *Metastaseis* vorhanden war, wandte er in *Pithoprakta* zum ersten Mal die mathematischen Gesetzmäßigkeiten der Stochastik zur Errechnung von Klangformen an. Dabei ging er von folgenden Grundhypothesen aus, welche Parameter seiner Berechnungen und Formeln waren: Die mittlere Geschwindigkeit der *Glissandi* bleibt konstant, jedes einzelne *Glissando* verändert konstant die Tonhöhe entweder positiv oder negativ, die Anfangspunkte der *Glissandi* werden aufgrund einer Dichteverteilung in unterschiedliche Zeitfenster verteilt und die Eigenschaften des *Glissandos* werden unabhängig voneinander organisiert.

15 Matossian 2005, 82.

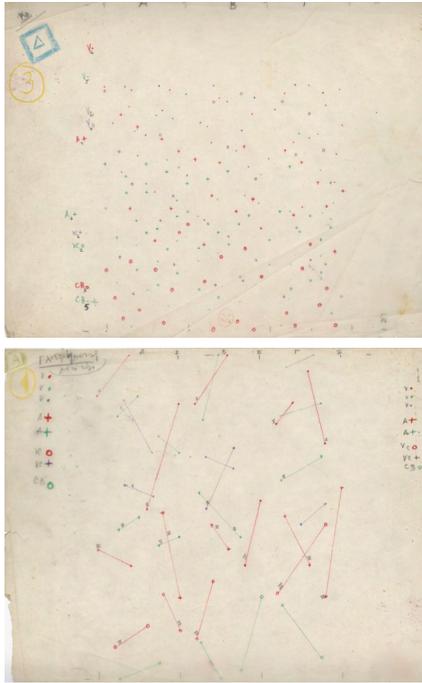
Variablen der Formeln waren: Die Tonhöhe, welche je nach Frequenzspektrum der Instrumente errechnet wurde, die Geschwindigkeit der einzelnen *Glissandi* und die Anfangs- und Endpunkte. Die oft im Vorfeld skizzierten Kompositionen, wurden aufgrund dieser Variablen, welche eine Verteilungsfunktionen hatten, modelliert. Dieser Vorgang zeigt die Spannung zwischen dem menschlichen Geist, der Erklärungen für Naturphänomene sucht und gleichzeitig selbst naturähnliche Ordnungen mittels rationaler Prozesse herstellen kann. Xenakis stellte damit eine Syntax her, also eine Art Programm, in welchem sich das Werk bewegte.

Dies entsprach seinem Arbeitsethos, Untersuchungen so wissenschaftlich wie möglich anzustellen, denn das bloße Zeichnen genügte seinem Anspruch an Beweisführung und Gründlichkeit nicht. Die naturwissenschaftlichen Modelle und Methoden zog er auch deshalb heran, um zu einer stringenteren Argumentation seiner Musik zu finden. Die Suche nach Präzision und der Fokus auf visuelle Analysemodelle wird in seiner Verwendung von Millimeter- und Transparentpapier deutlich, zwei Medien, die ihren Ursprung nicht in der Musik hatten. Hier notierte er von links nach rechts die Zeitachse, während die vertikale Achse die Frequenz (Schwingung), also die Tonhöhe darstellt.

Xenakis erkannte eine Gestaltungsmöglichkeit in der Schwankung von regelmäßigen, symmetrischen und vorhersehbaren Strukturen, über Strukturen mit komplexer Ordnung und bis zu chaotischen Strukturen, die sich immer mehr der Unvorhersehbarkeit nähern. Der Prozess der Formalisierung oszillierte damit im Verhältnis zwischen Ordnung und Chaos und zwischen Kontrolle und Zufall, indem er Indeterminismus deterministisch zu kalkulieren versuchte. Damit befand sich Xenakis ebenso im Bereich der in den 1950er Jahren aufkommenden Kybernetik¹⁶, welche seine Interessen im Kern traf.

Durch die Auseinandersetzung mit den Schwankungen zwischen Ordnung und Chaos, kam das Thema der Reversibilität von musikalischen Strukturen

16 Siehe Glossar.



82 Graphische Darstellung zur Komposition *Pithoprakta*, 1956.

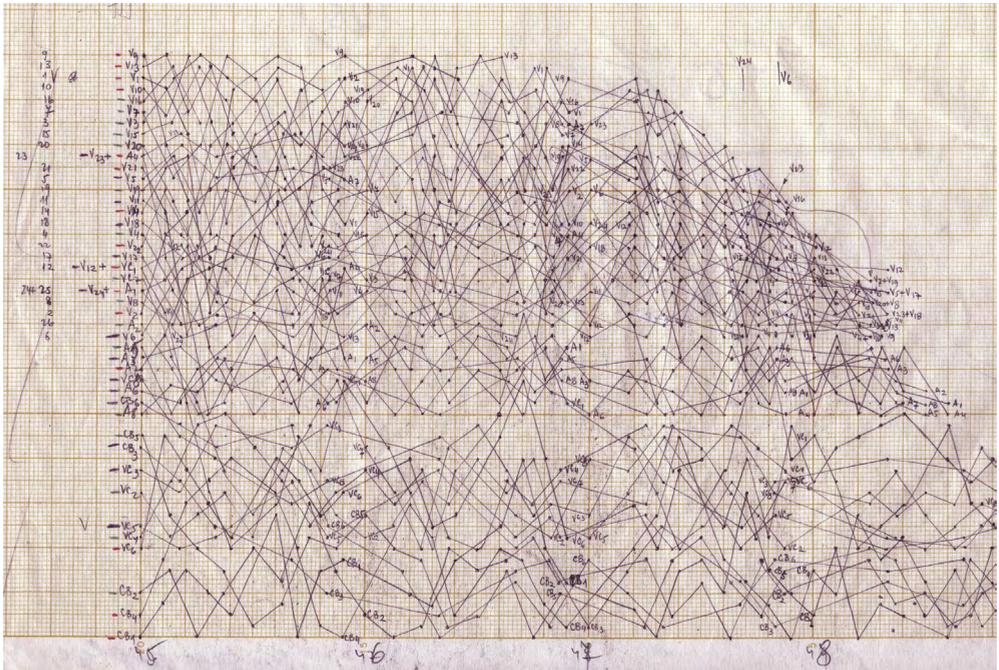
auf. Dabei unterschied Xenakis in *inside-time* und *outside-time structures*, wobei zeitliche Strukturen nicht reversibel, räumliche Strukturen jedoch reversibel sind. Seine Entwurfsgedanken begingen dieses ungewisse *Terrain*, den Grat zwischen zeitlichen Strukturen und ihrer räumlichen Ausformung und lokalisierten so den zentralen Unterschied zwischen Musik und Architektur; Musik als eine im Vergehen irreversibel wahrnehmbare Kunst steht der Architektur, einer im Raum reversiblen Struktur, gegenüber. Physischer Raum kann begangen und in einer Vielzahl von möglichen Richtungen durchquert werden, genauso wie ein Gebäude aus den unterschiedlichsten Blickwinkeln betrachtet werden kann. Musik jedoch wird immer nur in eine Richtung wahrgenommen, nämlich in ihrer zeitlichen Entfaltung.¹⁷

17 Vgl. Matossian 2005, 67.

Durch eine vom physikalischen und musikalischen Kontext entkoppelte notatorische Herangehensweise konnte Xenakis tiefer in die Musik eindringen sowie seine klanglichen und architektonischen Formalisierungsprozesse vollziehen. Die Ebene des Austauschs sind hier jene Graphen, deren Linien Aufzeichnungen einer Tonbewegung sind sowie die Punkte, die in ihrer Gesamtheit Massenklangbewegungen ergeben. Hierbei kann nicht mehr zwischen physikalischem Phänomen und musikalischer Komposition unterschieden werden. Dieselbe Ambivalenz vermochte Xenakis zwischen Musik und Architektur herzustellen, indem er zwischen graphischer Komposition und architektonischer Struktur nahezu keine Differenzierung machte. Der Graph enthält die Faszination, sowohl Zeit als auch Raum zu sein. Aus diesem Entwurfsdenken entwickelte Xenakis zeitliche und „aus der Zeit fallende“ Strukturen, welche zwischen Architektur und Musik vermitteln. Die Auffassung der Arbeit eines Komponisten verdeutlicht sich in den Worten Xenakis' aus einer Radiosendung von 1958: „La musique est une matrice d' idées, d' actions énergétiques, de processus mentaux, reflets à leur tour de la réalité physique qui nous a créés et qui nous porte et de notre psychisme clair ou obscur. [...] Ideologiquement on est en plein regne des physiques, des cybernetiques et autres demons modernes.“¹⁸ Michel Serres' Charakterisierung des Schaffens von Xenakis mit der Frage „Can order be established from noise?“¹⁹ trifft den Kern dieses Kosmos.

18 Xenakis 1971, 16.

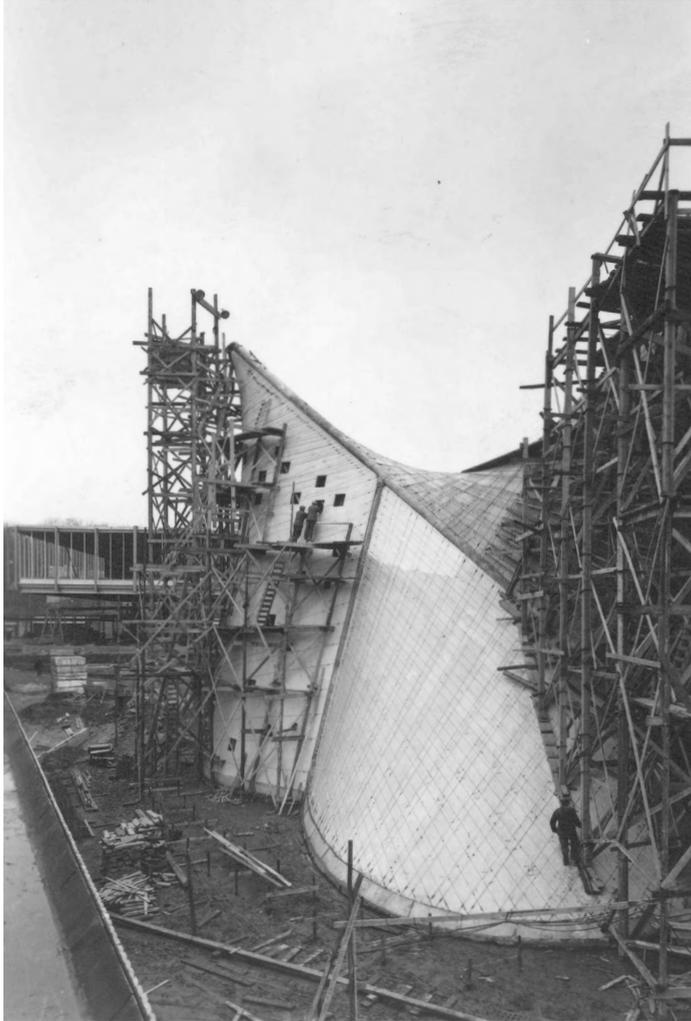
19 Serres zit. nach Xenakis 1985, 78.



83 Graphische Notation von *Pithoprakta*, 1955.



84 Pavillon in der Fertigstellung, 1958.



85 Pavillon in der Fertigstellung, 1958.

Acoustic Space

Räume des Klangs

Die Ende des 18. Jahrhunderts¹ aufkommende Wissenschaft der Klänge, die Akustik, führte alsbald die wissenschaftliche sonore Dimension und damit eine Aufmerksamkeit für die akustischen Eigenschaften von Gebäuden in die Architektur ein.² Die wissenschaftliche Festlegung des Nachhalls durch Wallace C. Sabine löste die romantische und eher vage Konzeption ab³ und brachte eine Sensibilität für die qualitative Bewertung der klanglichen Eigenschaften von Räumen hervor. Sabines Nachhallformel berechnet die Nachhallzeit eines verklingenden Klanges aufgrund der ihn umgebenden räumlichen Komponenten des Raumvolumens und der gesamten Absorptionsfläche als Variablen der Gleichung.

In Bezug auf diese Entwicklung schreibt Emily Thompson: „Je deutlicher die neue Klanglandschaft Gestalt

annahm, desto mehr löste sich der Klang vom Raum, bis es zwischen ihnen keinerlei Verbindung mehr gab. Dieser Prozess begann mit der technologischen Ent-



86 Symphony Hall Boston, erste Konzerthalle, die nach den akustischen Erkenntnissen von Wallace C. Sabine, mit demselben als Planer errichtet wurde.

wicklung schalldämmender Materialien und endete mit dem Bau elektroakustischer Anlagen zur Klangerzeugung.“⁴ Carlotta Darò beschreibt diese Entwicklung als die Dematerialisierung der architektonischen Form,⁵ welche in virtuellen Klangräumen ihre Extreme fand, wo die Architektur nicht mehr benötigt wurde. Den Übergang von klanglich gestalteten Architekturen, hin zur Reduzierung

1 Chladni gilt als Begründer der Klangforschung, jedoch gab seit der Renaissance eine Reihe von Wissenschaftlern, die mit ihren Experimenten den Weg bereitet hatten. Dazu Gethmann 2006.

2 Siehe Thompson 2002.

3 Vgl. Clarke 2015.

4 Thompson 2011, 177.

5 Vgl. Darò 2013, 137.

auf jene futuristischen Kapseln der 1960er Jahre, welche Architektur auf die Produktion von Empfindungen und damit auf den menschlichen Körper, manchmal sogar einzig auf den Kopf, reduzieren (►88),⁶ kann man am Pavillon der Weltausstellung von 1970 in Osaka ablesen. Der von Fritz Bornemann und Karlheinz Stockhausen entworfene Pavillon wurde als Kuppelauditorium konzipiert, in dem sich Klänge frei durch den Raum bewegen sollten. Die Publikumsebene war schalldurchlässig und etwas unter der Äquatorialebene der Kuppel eingezogen, sodass sie ebenso von unten beschallt werden konnte. Die dafür gebaute Architektur war nur noch Behäl-



87 Innenraum des Pavillons in Osaka, 1970.

ter bzw. Gerüst für die Lautsprecher. Diese Entwicklung verstärkte sich im Laufe der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts

immer mehr, bis Klang und seine räumlichen Qualitäten gänzlich unabhän-



88 Ugo La Pietra, "Ambiente audiovisivo Caschi Sonori", Triennale Mailand, 1969 (mit Paolo Rizzatto).

gig von der ihn umgebenden Architektur entwickelt werden konnte. *Spatial Audio* ist ein eigener Forschungszweig der Akustik, der die Verräumlichung von Klang behandelt. Die Herstellung und die Kontrolle einer künstlichen Umgebung war dabei ein übergeordnetes Ziel. Projekte wie jenes des Philips Pavillons oder des Pavillons in Osaka sowie die darin stattfindenden Komponisten bearbeiteten dieses Thema und die räumliche Situation der Aufführung. Räume konnten sodann Klang unabhängig von ihrer Gestaltung kontrollieren.

6 Vgl. Darò 2013, 137.

Architektonische Aufzeichnungen

Notation als
experimentelle
Konstruktionsmethode

*„A partir de ce moment, la logique
cesse de fonctionner. L`arbitraire de
l`intuition prend la parole“**

Iannis Xenakis

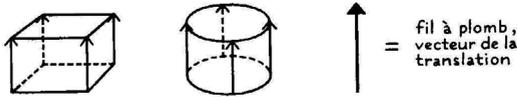
* Revue technique Philips, 4.

Xenakis kam auf einer methodischen Ebene der Aufzeichnung an einen Punkt, an dem er ein und dieselbe Arbeitsweise und dieselben Thematiken sowohl in der Architektur als auch in der Musik anwenden konnte. Dies gelang ihm trotz der eindeutigen Unterschiede zwischen den beiden Bereichen. So ist die Musik eine autonome, in der Zeit konzipierte Kunst, der im Rahmen der Kunstfreiheit nahezu keine gestalterischen Grenzen gesetzt sind, während die Architektur als heteronomer Fachbereich über ihre Koppelung an den Raum und ihre vielschichtigen Abhängigkeiten gekennzeichnet ist. Ebenso unterscheiden sich die beiden Bereiche in ihrem sozio-kulturellen Stellenwert und in ihren behandelten Themen. Die Liste der Unterschiede könnte noch weiter ausgeführt werden, was Xenakis jedoch nicht davon abhielt nach Gemeinsamkeiten zu suchen, sondern seine innerste Motivation noch weiter antrieb. In einem Interview eines schwedischen Fernsehsenders im Rahmen der Verleihung des Polar Preises 1999 sagte Xenakis: „I liked music when I was very young, and I tried to make music for myself. That’s it.“¹ Diese Autonomie steht der Architektur nicht zu, was unter anderem auch zu Xenakis' Abwendung von der Architektur beigetragen haben könnte. Bevor dies aber passieren sollte, waren die Bedingungen ideal, um die Konvergenz seiner Fähigkeiten im Rahmen eines inspirativen Umfeldes im Phillips Pavillon zu vollziehen.

Die der vorliegenden Arbeit zugrundeliegende These, dass Xenakis durch seine notatorische Praxis, Architektur und Musik methodisch auf eine Ebene brachte, soll im Folgenden anhand der konkreten Ausführung des Bauwerkes aufgezeigt werden. Die Formen der Notation vermittelten den Wissensaustausch zwischen unterschiedlichen Kulturtechniken und stellten einen gemeinsamen Nenner zur Lösung eines gestalterischen Problems dar. Xenakis' Vorstellungen von Architektur waren trotz der gleichzeitig entstehenden Neuerungen in der Ingenieurskunst von ganz anderen Wissensbereichen und deren Ästhetik geprägt. Waren seine mathematischen und physikalischen Konzepte in der Musik eine

1 Xenakis im Interview, Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=hVR4XTbloZQ> Zugriff: 27.08.2016.

Fortsetzung der bereits bestehenden Entwicklungen, so waren seine Exkurse für die Architektur etwas gänzlich Neues. Sein eigenwilliges, wenn nicht sogar eigenartiges Denken wird erst durch eine genaue Betrachtung der Zeichnungen des Philips Pavillons eklatant.



89 Xenakis' Kritik an der im zweidimensionalen Plan verhafteten Architektur. Rechts, Vektor als freigelegtes Element.

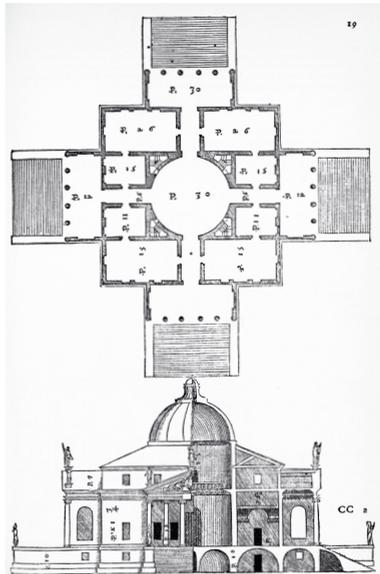
Die graphische Analogie von den zweidimensionalen hyperbolischen Paraboloiden in *Metastaseis* und den dreidimensionalen im Pavillon ist nicht zu übersehen. Dennoch geht es hier nicht nur um eine Analogie oder um eine graphische Übertragung: „If there is an ‘intimate connection’ between it and *Metastaseis*, it lies more in their particular way of resolving concept and formation, using geometry to structure relations of succession and simultaneity, than in a specific visual vocabulary.“² Xenakis war grundlegend von Geraden fasziniert, von Linien die eine Kontinuität in der Zeit darstellen, die eine exakte Dimension haben und mathematisch erklärbar sind. „Yes, there`s something absolutely fascinating about a straight line. A ray of sunlight is fascinating in itself. [...] The straight line, therefore exists in nature. But as an intellectual entity, it`s most fascinating from the point of view of speed, direction, and also continuity.[...] A straight line is one, without forces, identically repeating itself.“³ Gerade Linien können sehr komplexe Formen mit einfachen und kontrollierbaren Elementen konstruieren.⁴ Xenakis erkannte diese Eigenschaften von hyperbolischen Paraboloiden, deren Verwendung somit eine logische Konsequenz seiner

2 Clarke 2012, 221.

3 Xenakis 1985, 76.

4 Vgl. ebda.

Auseinandersetzung mit Chaosstrukturen, mit Geschwindigkeiten von Teilchen in Gasen und mit der Herstellung von graphischen Ordnungen war. Ihr hybrider Charakter (Linien zeitlicher Inskription, Linien physikalischer Prozesse und Linien im Raum), ebenso wie ihre Vereinigung geometrischer, ästhetischer, statischer und akustischer Eigenschaften waren ausschlaggebend in der Entscheidung diese mathematische Figur als zentrales Gestaltungselement des Pavillons zu verwenden.⁵ Die konsequente Verwendung und Ausreizung eines einzigen Gestaltungselements, war ein radikaler Ansatz zur Überwindung statischer und



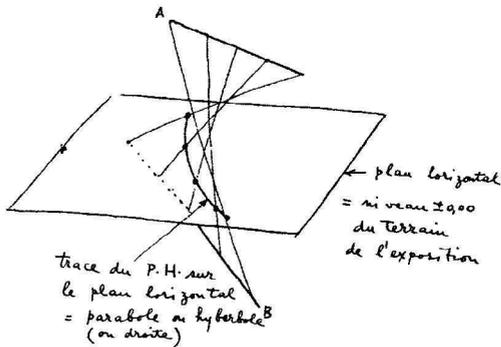
90 Villa Rotonda, Vicenza, Palladio,
Zahlenverhältnisse aus der damaligen Musik
wurden in die Architektur übertragen.

symmetrischer Zustände, sodass die Konstruktion eines gesamten Gebäudes aus ausschließlich einem variablen Element vor die Frage stellt: „Comment organiser un tel désordre statistique?“⁶

5 Clarke 2012, 219.

6 Xenakis 1971, 22.

Michel Serres wies bei der Verteidigung von Xenakis' Doktorarbeit auf den Zusammenhang zwischen den Kompositionen und den mathematischen Regelflächen hin: „Earlier, there was the drifting toward chance, whereas if we start from this insistence on ruled surfaces, there is a renewal of repetitive structures.“⁷ Repetitive Strukturen bedeuten hier Ordnung und stellen damit die entge-



91 Schematische Skizze zur Konstruktion des Grundrisses.

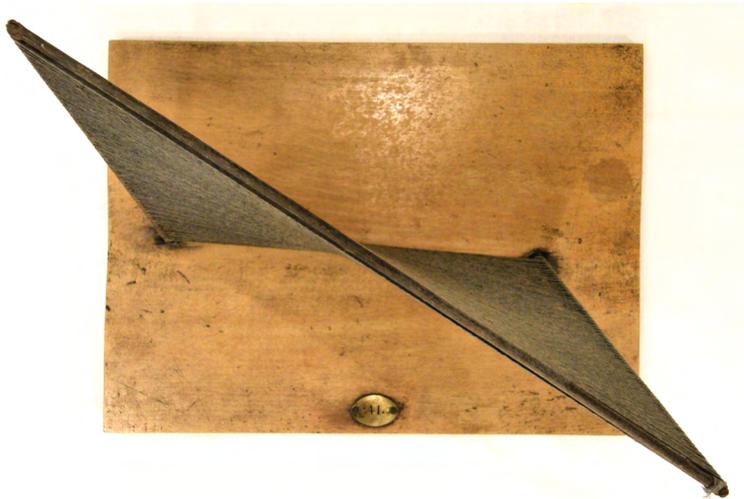
engesetzte Richtung dar, die Xenakis in seiner Musik verfolgte. Die Suche nach Syntax, nach syntaktischen Invarianten wie der geraden Linie, steht seiner Auseinandersetzung mit *Background Noise* (Hintergrundrauschen) gegenüber.⁸ Auf die Frage, ob Musik generell als eine Entwicklung in Richtung Unordnung definiert werden kann, antwortete Xenakis: „No, because disorder is the negation of order (which here means repetition). Disorder, then (in the periodic sense) is reversible of course. (Something periodical is reversible, but by its own definition). What I mean by this is that what is not temporal by essence is reversible. It's this constant preoccupation with these two poles, with order or disorder, personified by periodicity [...] that constitutes a mental category.“⁹

7 Serres zit. nach Xenakis 1985, 75.

8 Vgl. Serres zit. nach Xenakis 1985, 77.

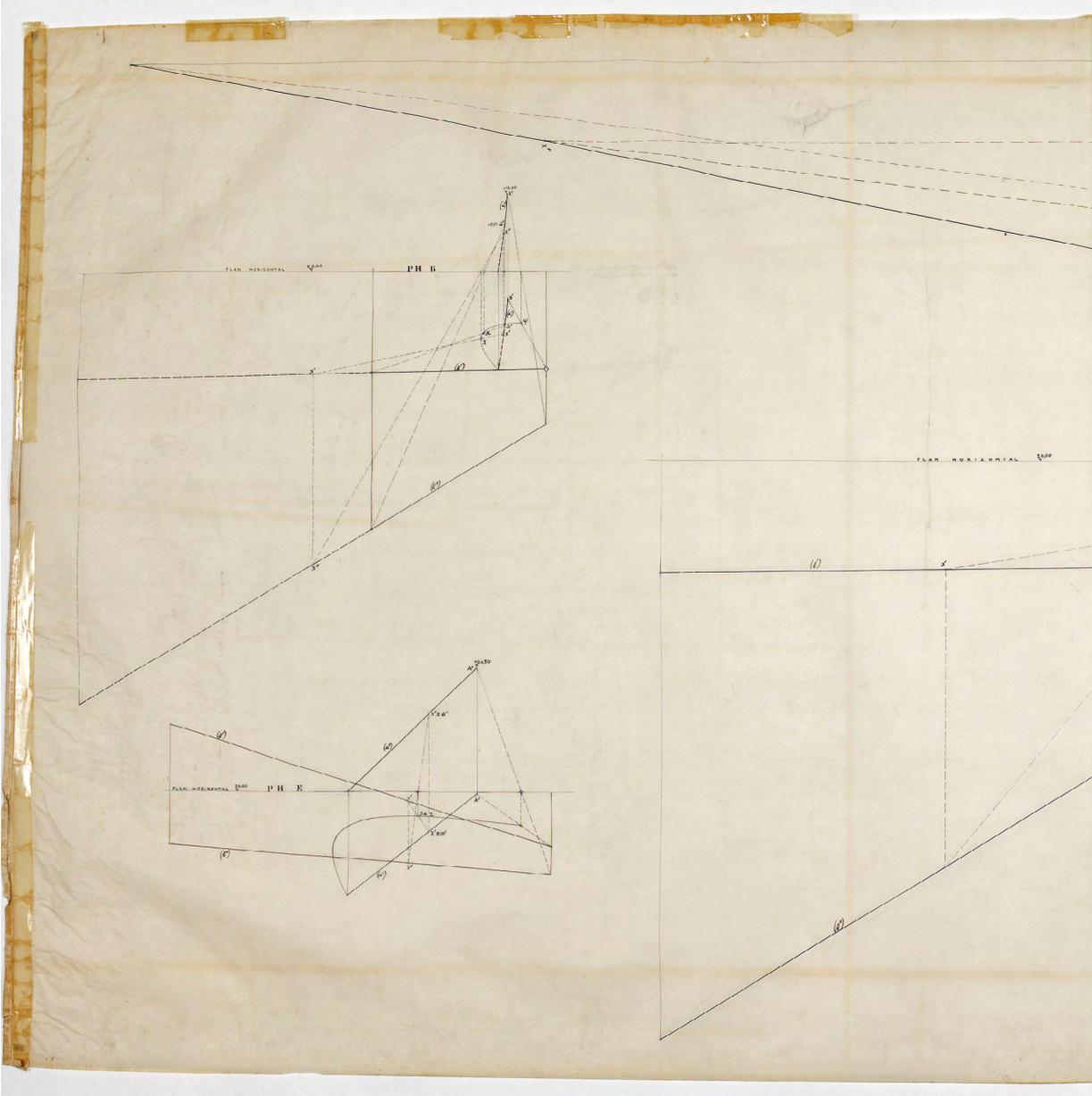
9 Xenakis 1985, 77.

Diese Aussage zeichnet die Grundzüge der Problemstellung nach, obgleich sie weit von der Architektur entfernt zu sein scheint. Konkret ermöglicht sie eine größtmögliche Variabilität der Resultate über eine einfache Syntax und ein einfaches Regelwerk. Das System von Flächen bildet in diesem Fall die Syntax, in der sich der Entwurf bewegt. Dies zeigt ebenso die Genese des Entwurfs, in der die Syntax bereits vorhanden, die Ausformung der hyperbolischen Paraboloiden jedoch letztendlich anders war. Während in der Komposition mittels mathematischer Prozesse sowohl geordnete, als auch zu ungeordneten Strukturen führen kann, so benötigt die Architektur das Aufrechterhalten eines statischen Zustandes. Xenakis merkt an, dass die *Glissandi* im Philips Pavillon höchst geordnet

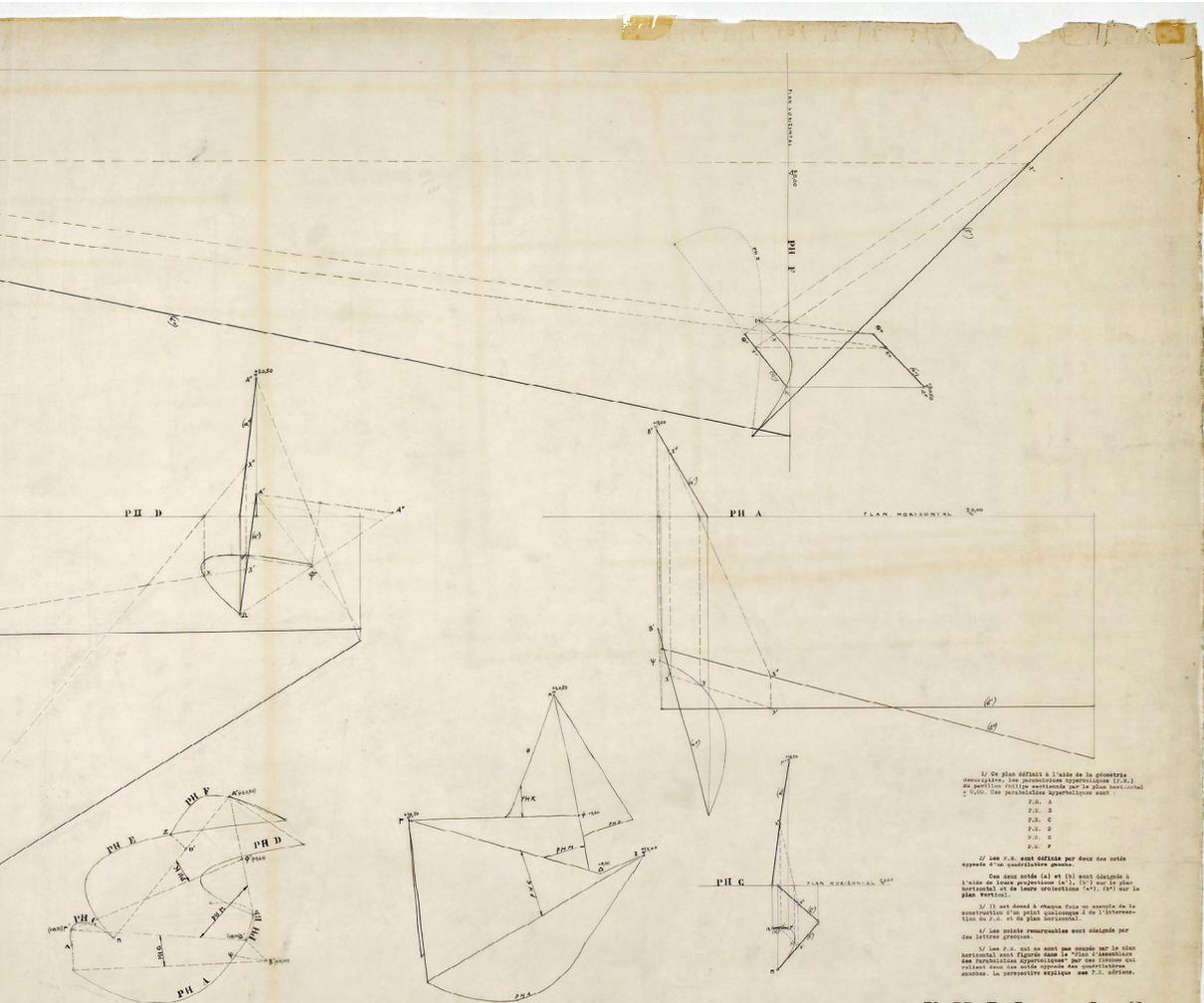


92 Modell eines hyperbolischen Paraboloids,
Metall, Fäden, Holz 31.8 x 23.4 x 18.2 cm.

sind, wobei die Verwendung desselben Terminus für diese nun räumlichen Linien bemerkenswert ist. „Que se passerait-il si les *Glissandi* étaient au contraire hautement désordonnés? Imaginons pour cela chaque *Glissando* différent dans



93 Entwurfskonstruktionszeichnung für die Grundrisslinien.



PLAN GENERAL D'ASSEMBLAGE
DES PARABOLOIDES HYPERBOLIQUES

1/ Ce plan définit à l'aide de la géométrie descriptive, les dimensions géométriques (P.H.) du pavillon polygonal soutenu par le plan horizontal 2 1/200. Les paraboloïdes hyperboliques sont :

- P.H. A
- P.H. B
- P.H. C
- P.H. D
- P.H. E
- P.H. F

2/ Les P.H. sont définis par deux des cotés opposés d'un quadrilatère général.

3/ Ces deux cotés (a) et (b) sont dirigés à l'aide de leurs projections (a'), (b') sur le plan horizontal, et de leurs verticales (a''), (b'') sur le plan vertical.

4/ Il est donné à chaque fois un ensemble de la construction d'un point quelconque X de l'intersection de (a) et de (b).

5/ Les points remarquables sont déterminés par les lignes d'intersection.

6/ Les P.H. ont pu être tracés par le plan horizontal sans figure dans le "Plan d'assemblage des Paraboloïdes Hyperboliques" par des lignes qui coïncident avec un coté opposé au quadrilatère général. La perspective explique ces P.H. d'ailleurs.

PHIL L C
GEOMETRIE DU PAVILLON

5 4 7 4⁴ 1/2000 1/10
DESIGNE A PARIS 35 RUE DE SEVRES LE 27-2-1933
Paris *Le Colson*
N° d'inscription de P.H.D. 1820-37 N° 28590
Propriété de l'Etat

la vitesse, dans le sens, dans la durée, dans les tessitures.“¹⁰ Dass die *Erzeugenden* (*Generatrices*) als Stahlseile, ähnlich den Saiten eines Instruments, das gesamte Gebäude in Spannung hielten erscheint hier als nahezu logische Konsequenz, welche ein weiteres Mal eine Parallelität zwischen einem *Glissando* und den im Pavillon erzeugten Linien nahelegt.

Nachdem die Entscheidung mit hyperbolischen Paraboloiden zu arbeiten feststand, legte Xenakis diese Logik ab und übergab der Intuition das Wort.¹¹ Das Regelwerk war bereits erstellt, in dem er sich sodann frei bewegen konnte, um die Regelflächen zu organisieren, bzw. zu ordnen. Xenakis' morphologische Überlegungen wurden hier in erster Instanz auf ihre statische Eigenschaft überprüft, in zweiter Instanz jedoch auf ihre formale Ausreizbarkeit, ihre Modellierbarkeit und ihre Variabilität. Die einzelnen Regelflächen verhielten sich ganz wie seine *êtres sonores* (Klangwesen) als Massenphänomene, indem sie aus dem Verhältnis vom Teil zum Ganzen entstanden. Einzelne gerade Vektoren und einzelne Flächen von ca. 1x1m bestimmen das Wesen der jeweiligen Fläche, welche je nach Grad der Rotation, eine bestimmte Temperatur aufwies. Diese Vektoren waren es, die Xenakis zuerst in seine Musik übertrug und nun zur Lösung der Formfrage in der Architektur verwendete. Die graphische Vollzugsebene ist hier zentral, da sie konkret zwischen Architektur, Musik und Physik vermittelte. Als notatorisches System verwendete Xenakis hier wiederum ein mathematisches Darstellungsmodell, nämlich die darstellende Geometrie. Diese ermöglichte eine mathematische und zeichnerische Konstruktion und war in ihrer hier angewandten Form in der Architektur noch nie verwendet worden.

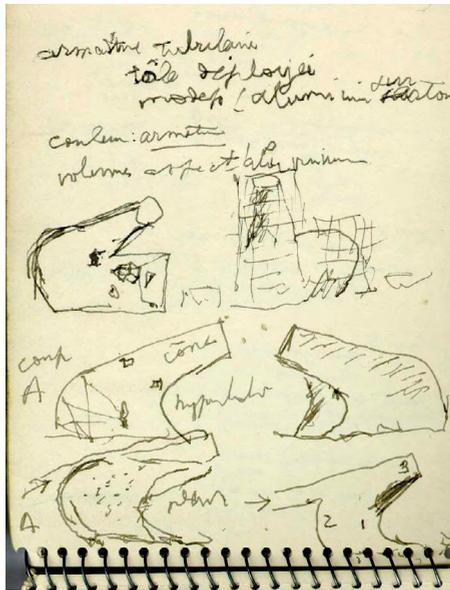
Zentral war das Verhältnis von Grund zu Aufriss. Xenakis' grundlegende Kritik, dass Architektur zu sehr dem zweidimensionalen Plan verhaftet sei,¹² kehrte er in seinem Entwurf ins Gegenteil um. Xenakis bestimmte die Koordinaten

10 Xenakis 1971, 22.

11 Vgl. Xenakis 1958/59, 4.

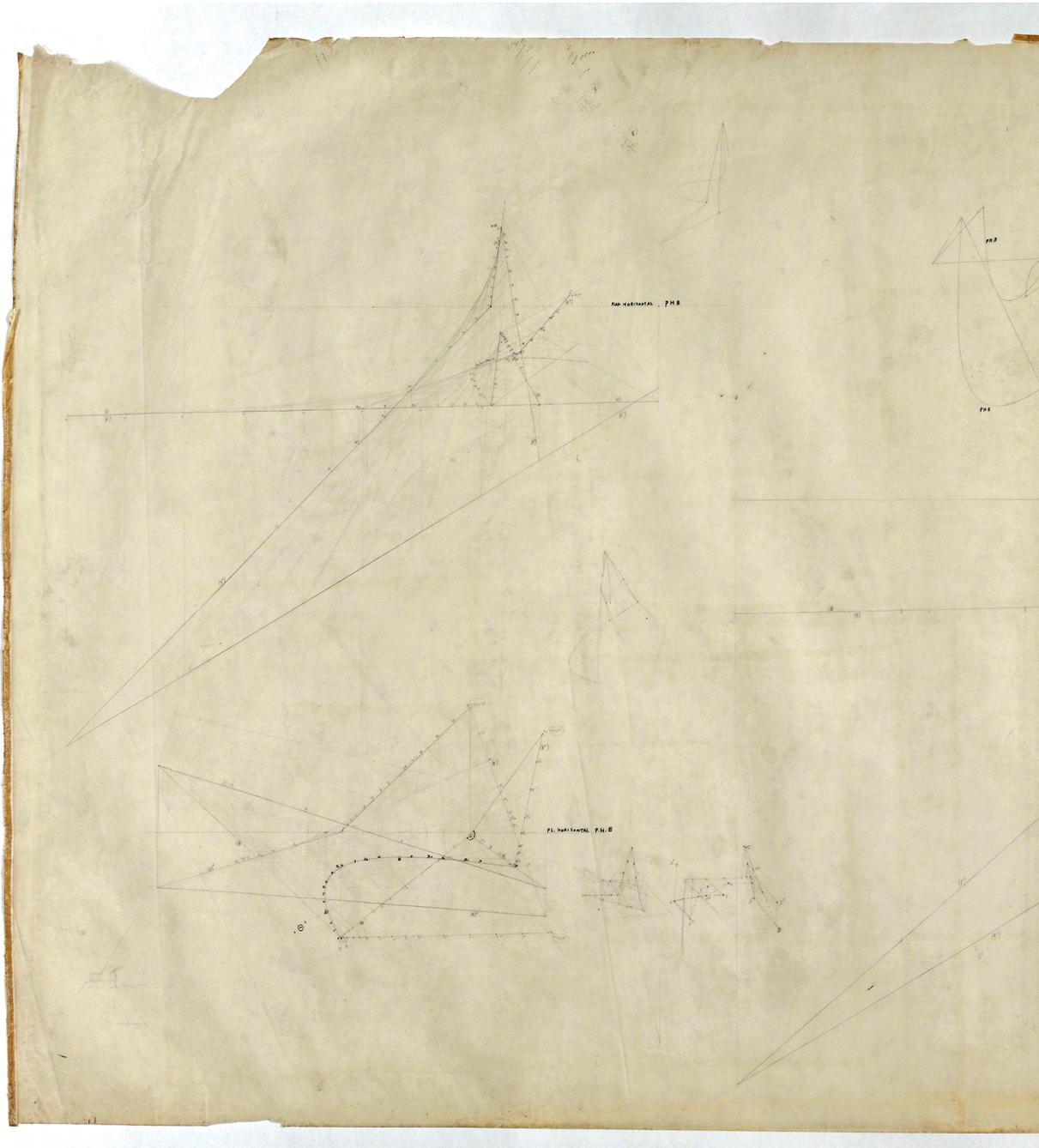
12 Diese Kritik, ebenso wie die Verwendung von Regelflächen geht auf Felix Candela, dem mexikanischen Architekten zurück.

der drei höchsten Punkte (*Peaks*, 13m, 18,5m, 20,5m) und ausgehend von diesen entwickelte er die anderen Leitgeraden (►93). Für die Generierung von hyperbolischen Paraboloiden sind die erzeugenden Eckdaten notwendig, also jene

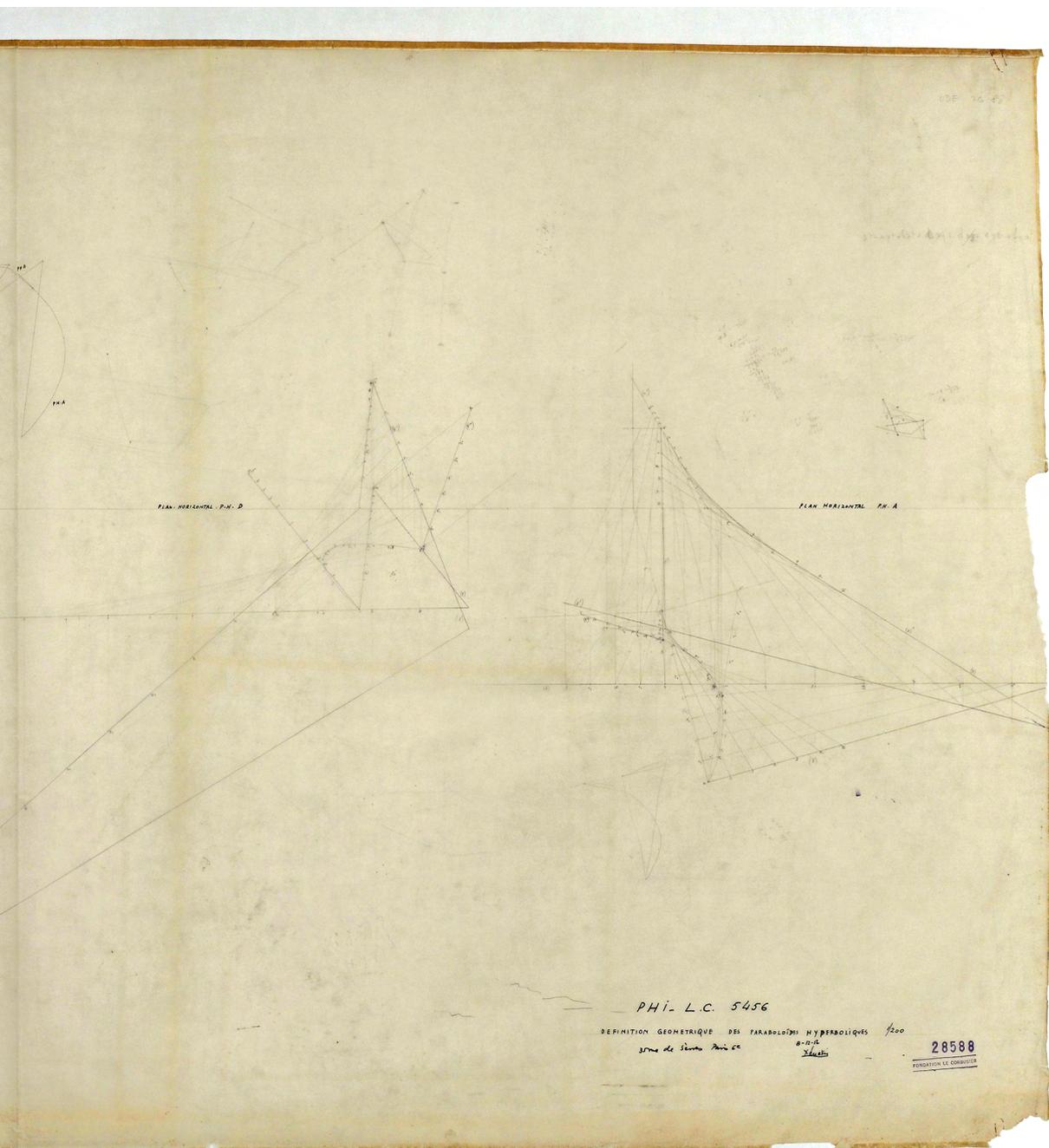


94 Erste Skizzen Le Corbusiers für den Philips Pavillon.

Punkte oder Linien, welche das windschiefe Rechteck begrenzen. Die Entwicklung des Grundrisses war die Projektion einer dreidimensionalen Form in die Grundebene und konzeptuell von Beginn an als „Magen“ festgelegt, während das Gebäudekonzept dem eines „Behälters“, einer „Flasche“ (*Boite*) oder einem „Magen“ (*estomac*), ein Raum mit einem Ein- und Ausgang, nahekommen sollte. Die große Herausforderung bestand für Xenakis darin, Le Corbusiers schnelle Skizzen (►94) in ein Gebäude umzuwandeln, das nicht nur extrudierter Grundriss, sondern sowohl akustisch geeignet sein sollte, als auch ästhetisch der Synthese von Klang, Licht und einer räumlichen und fortschrittsorientierten, technologischen und wissenschaftlichen (*esthétique scientifique*) Dimension genügen sollte. Xenakis konstruierte die hyperbolischen Paraboloiden über die geometrische



95 Entwurfskonstruktionszeichnung für die Grundrisslinien.



PHI. L.C. 5456

DEFINITION GEOMETRIQUE DES PARABOLES HYPERBOLIQUES 1/200

Imprimerie de Simon Paris 1856

34625

28588

FONDACTION LE CORBIER

Konstruktion von Punkten und Linien im Grund- und Aufriss. Der Schnitt mit der Grundebene, deren Schnittlinien Hyperbeln waren, definierte den Grundriss (►95). Die Flächen, welche weit unter die Bodenplatte hinausragten, brachten den Grundriss hervor, indem sie mit dem *Plan horizontal* geschnitten wurden. Das Gebäude wurde sprichwörtlich aus dem dreidimensionalen Raum in den Grundriss projiziert, was einen umgekehrten Vorgang im Entwurfsprozess darstellte.

Eine Spur, welche auf Xenakis' Forschung an der Schnittstelle von Geometrie, Zeichnung, Mathematik und Musik verweist und vor allem auf die Frage des Ebenenschnittes einer Regelfläche, findet sich in folgendem Auszug aus einem Brief an Françoise Xenakis: „Then I attacked a theoretical problem, to find the melodic expression of conic sections, how to put in mathematical formulae a continuous melodic curve. I arrived at a small result, that is to say I found a little path which could guide me later on. We will see later. Sometimes such childish games lead to sensational discoveries. Especially since the mathematical expression of music haunts me since my adolescence. I believe on the whole that a new kind of music could be created. If only I had the electronic equipment at my disposal I could try it out.“¹³

In der Frage der materiellen Realisierung des Pavillons geht es unweigerlich und wiederholt um Fragestellungen physikalischer und materieller Natur. Hyperbeln als mathematische Figur beschreiben in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Bereichen eine Funktion von Daten. Im Pavillon kamen diese mathematischen Linien in unterschiedlichsten Formen vor und hatten eine besondere Relevanz, da ihre naturwissenschaftliche Dimension den Sprung von den numerischen Proportionsverhältnissen der Morphologie hin zu Kräfte- linien, welche statische Eigenschaften haben und nicht bloße Geometrie sind, vollzog. Als Grundrisslinien, Umrisslinien und Schnittlinien (Ebenenschnitte) waren sie Krümmungen, die dem Pavillon seine Festigkeit gaben.

13 Xenakis zit. nach Matossian 2005, 62.

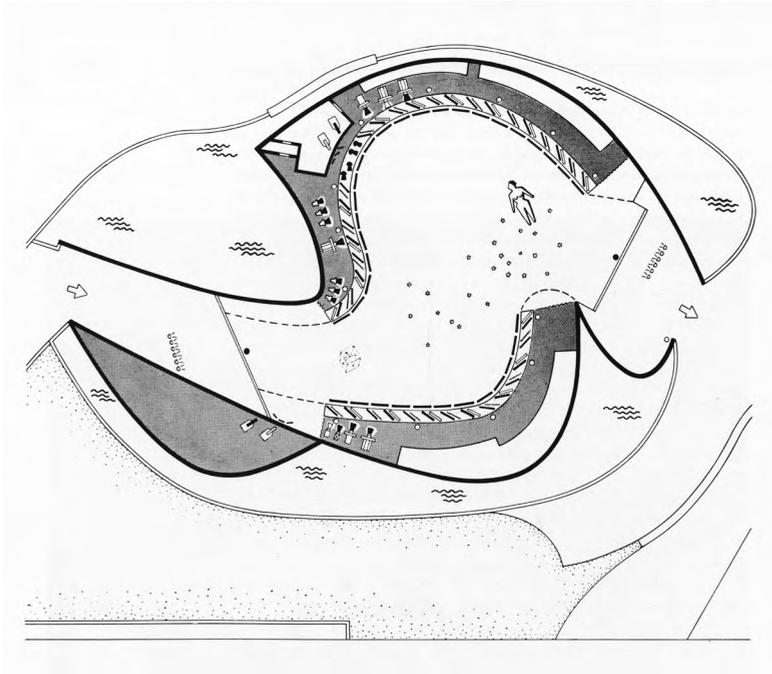
Bereits 1690 beschrieben Gottfried Wilhelm Leibnitz, Christiaan Huygens und Johann Bernoulli die Linien eines an zwei Punkten eingespannt hängenden Seiles.¹ Dieses als Kettenlinie (Katenoid) bekannte Phänomen, wird durch den *Kosinus Hyperbolicus* beschrieben, dessen Graph ebenso eine Hyperbel darstellt und gleichzeitig den Verlauf der Kräftelinien zeigt. Berühmt geworden ist das Kettenmodell in der Architektur durch Antói Gaudí, der Versuche zum Verständnis von Kräfteverläufen angestellt hat und diese in seinen Bauwerken anwandte.

In der Thermodynamik beschreiben Hyperbeln den Zustand des Gleichgewichts, also das Verhältnis von Volumen zu Druck in Flüssigkeiten und Gasen bei gleichbleibender Temperatur (Isotherme). Ziel der Konstruktion des Philips Pavillons war von Beginn an diesen Zustand des Gleichgewichts (selbsttragendes System) herzustellen.

96 Drahtgittermodell des Pavillons.



1 Vgl. <http://systemdesign.ch/wiki/Kettenlinie>.

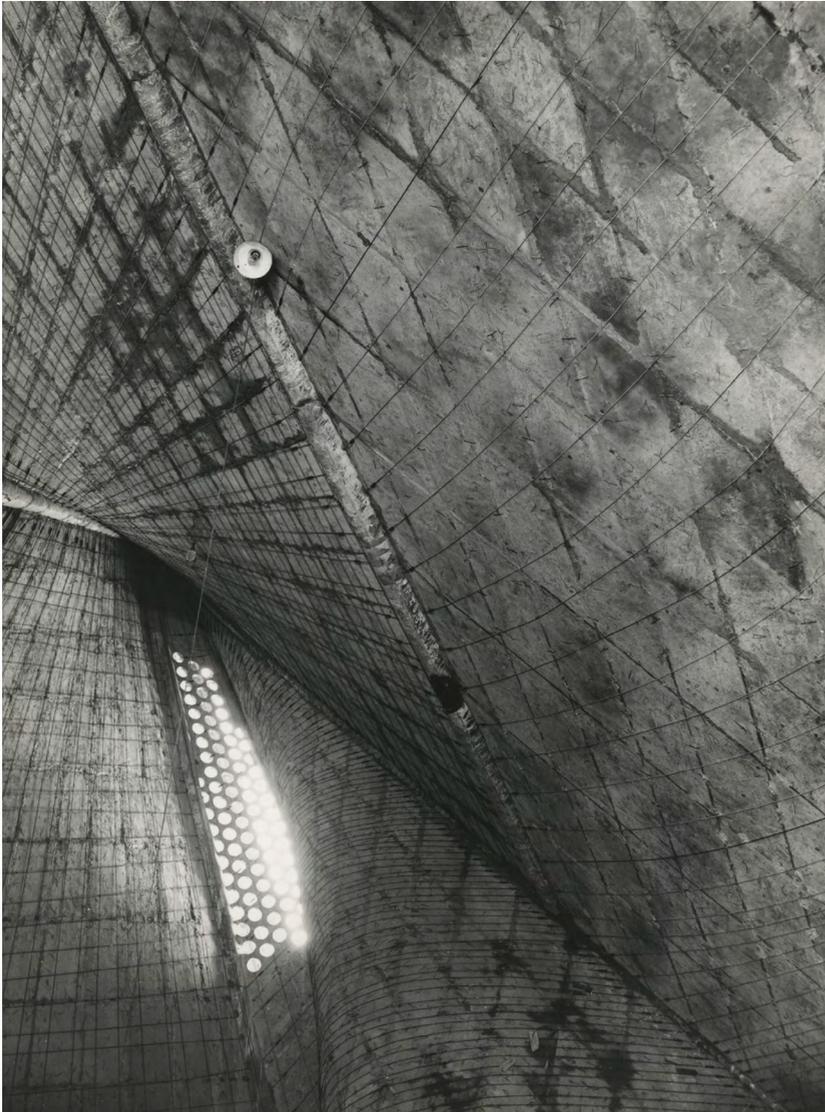


97 Grundriss des Pavillons.

Hyperbeln sind somit eine Form der mathematischen Notation, die als Funktion aufgeschrieben, in ein Daten-Koordinatensystem eingetragen, ebenso wie in der darstellenden Geometrie konstruiert werden können. Somit sind diese Linien Notationen von Daten und Inskriptionen von Inhalten, welche die methodische Schnittstelle zu Mathematik und Physik herstellen.

Der Wandel von Zuständen, der in seinen Kompositionen zentral war, kommt in der Architektur an seine Grenzen, da mobile und kinetische Konzepte in der Architektur einer eingeschränkten Mobilität der Gebäudeteile unterlegen sind. Xenakis schaffte es jedoch, auf einer Ebene der Wahrnehmung, diesen Wandel herzustellen. Die nahezu unbegreifbare Form eröffnete immer neue Perspektiven und akustische Reize, welche mit einem hochgradig statischen Gebilde verwoben waren.

Die metaphorische Ebene zwischen Musik und Architektur sowie formale Analogien im Sinne von Intervallen, Abständen und Proportionen fanden eine Ablösung durch einen gänzlich anderen Bezugsrahmen. Dieser stellte Harmonie und Proportion nicht mehr ideologisch und metaphysisch her, sondern im Gleichgewicht des Kräftespiels, in einem statischen Zustand jenseits des Tragens, in dem der Pavillon den Übergang von Chaos zu Ordnung, bis hin zu einem paradoxen Gleichgewichtszustand (*Equilibrium*) von höchster Komplexität konstatierte, sowohl statisch als auch in seiner Erscheinung. Xenakis ging die Problemstellung nicht auf einer formalen, sondern auf einer strukturellen Ebene an, was mitunter in der Andersartigkeit des Gebäudes im Vergleich mit Typologien wie Tempel oder Villen klar wird, ebenso wie in der Divergenz zu anderen Projekten Le Corbusiers. Mathematik, ebenso wie Klang, wurden hier nicht als abstrakte immaterielle Konzepte verstanden, sondern als physisch-materielles Pendant, das die Harmonie der vermeintlichen Unproportionalität und Dissonanz von Flächen im Zusammenspiel der im Pavillon wirkenden Kräfte herstellte. Damit lag die Konzentration nicht mehr auf geometrischen Mustern, sondern auf prozessualen Abläufen, die den Entwurf und auch die Funktion des Gebäudes informierten.



98 Pavillon in der Fertigstellung,
rohe Betonoberflächen beim Eingang,
1958.



99 Einer der inneren *Peaks*, mit Lautsprechern und Soundrouten. Foto Lucien Hervé.

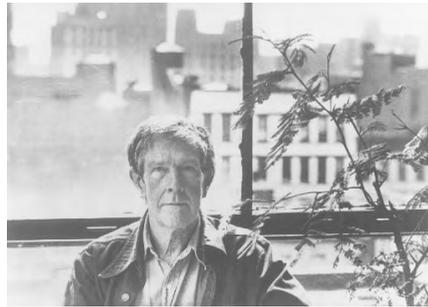
Immersive *Environments*

Der kybernetische Begriff des *Environments* nahm bereits eine neue Beziehung der Menschen mit ihrer Umwelt vorweg. Klang kann ein Mittel sein, das diese Beziehung verdeutlicht, indem er einen wichtigen Aspekt unserer Umwelt darstellt, da er aufgenommen und manipuliert oder in Interaktion wiedergegeben werden kann. Wie Jonathan Sterne in einer Gegenüberstellung von visuellem und auditivem Sinn feststellt, steht Klängen im Gegensatz zu visuellen Reizen eine immersive Qualität zu: „Hearing is spherical, vision is directional; hearing immerses its subject, vision offers a perspective; hearing is concerned with interios, vision is concerned with surfaces; hearing involves physical contact with the outside world, vision requires distance from it; hearing places us inside an event, seeing gives us a perspective on the event; hearing is about affect; vision is about intellect; hearing is a sense that immerses us in the world, vision is a sense that removes us from it.“¹

In diesem Spannungsfeld der höheren Sinne spielen immersive Raumkonzepte eine bedeutende Rolle, da

gerade dafür geschaffene Räume häufig Bild und Ton in einem Zusammenschluss vorführen.

John Cages berühmte Geste, in einem Interview (1991) das Fenster zu öffnen und den Straßenlärm als Musik zu bezeichnen, ist paradigmatisch für die Erweiterung der Klangwelt, der Klang-



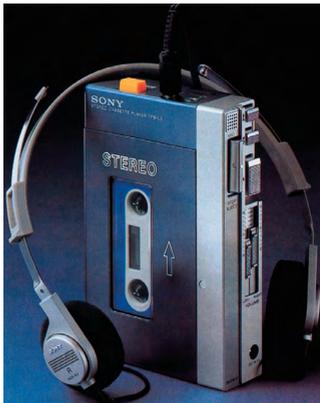
100 John Cage, New York.

landschaften und ihr Einwirken auf die Musik des 20. Jahrhunderts. Damit wurde die Trennung des stillen Wohnraums vom lauten Stadtraum als tatsächliche Auflösung der modernen getrennten Klangfelder (Musik, Lärm, Stadt, Land) auf den Punkt gebracht und wurde gleichzeitig zu einem globalen immersiven Raum auf einer klanglichen Ebene.

Wie Darò feststellt, gab es seit den 1960er Jahren zudem einen starken Wandel in der auditiven Medienkultur,

¹ Sterne 2003, 15.

welcher individuelle Hörgewohnheiten stark in den Vordergrund rückte (z. B. *Walkman*), jedoch auch neue kollektive Hörereignisse ermöglichte (Diskothek). In Bezug auf die Architektur sagt Darò: „Die Architektur entwarf nicht länger physische Objekte, sondern konstruierte Umgebungen und diese Umgebungen galten als Erweiterung der menschlichen Erfahrung.“² Diese Aufgabe übernehmen z. B. im religiösen Kontext Gotteshäuser, in denen der Innenraum zu einer spirituellen Erweiterung und zu etwas Kosmischen wird, was diesen geschlossenen Raum transzendiert. Ein ähnliches immersives Konzept verkör-



101 Sony, *Walkman TPS-L2*, 1979.

pern Diskotheken oder Clubs, bei denen die klangliche Dimension maßgeblich zu dieser Immersion beiträgt. Während

in Gotteshäusern die Akustik meist von einem ausgeprägten Nachhall geprägt wird, so ist der technoide Aspekt im



102 Berghain, *Panoramabar, Club*, Berlin.

Zusammenhang mit künstlich hergestellten Gegenwelten entscheidend, da diese meist durch einen erhöhten Aufwand an technologischem Einsatz charakterisiert, bestimmt und kontrolliert werden.

Abgesehen von diesen geschlossenen Räumen gibt es viele andere räumliche Situationen, die klanglich gestaltet und beeinflusst werden: Fahrstuhlmusik, Lautsprecheransagen, Blackboxes in Museen, Surround Systeme in Kinos, akustisches Bauteildesign oder konsumentorientierte Einkaufsmusik. Klang und dessen akustische Wiedergabe ist somit ein zentraler Aspekt, der die menschliche Wahrnehmung in seiner Umgebung beeinflusst.

2 Darò 2011, 141.

Vom Rauschen zum Rausch

Notation als Inskription
von räumlichen Inhalten

*„All sound is an integration of grains, of elementary sonic particles, of sonic quanta. Each of these elementary grains has a threefold nature: duration, frequency, and intensity. All sound, even all continuous sonic variation, is conceived as an assemblage of a large number of elementary grains adequately disposed in time.“**

Iannis Xenakis

* *Formalized Music*, 43.

Xenakis' Beitrag am *Gesamtkunstwerk*¹ sollte über den Entwurf des Gebäudes hinausgehen. Le Corbusier wusste von seinen vielseitigen Talenten, weshalb er ihn ebenso mit einem kompositorischen Beitrag beauftragte. Dieser Beitrag sollte die Besucher sowohl auditiv als auch räumlich auf den Innenraum und das bevorstehende Spektakel einstellen. Xenakis entwickelte dafür das *Interlude Sonore*, dessen Titel für eine spätere Schallplattenversion in *Concrete PH* umbenannt wurde; ein Titel, der unterschiedliche Konnotationen zulässt. *PH* ist eine Abkürzung für (franz.) *Paraboloïde Hyperbolique*, könnte jedoch auch für die Initialen der Firma Philipps stehen. *Concrete* hingegen bedeutet im Englischen sowohl Beton und *Concrete PH* könnte damit als klangliche Metapher der eigentlichen materiellen hyperbolischen Flächen verstanden werden, als auch „konkret“, also eine klangliche Konkretisierung von materiellen Begebenheiten.

Wie der originale Titel bereits vermittelt, ging es hier um ein „Zwischenpiel“ zwischen den Vorstellungen des *Poème Électronique*. Es sollte die Fluktuation der Besucher begleiten und eine *Ambientierung* an die inneren Begebenheiten vornehmen. Xenakis selbst sah dieses Stück als klangliches Gegenstück zum *Poème* Varèses, das eine große klangliche Variabilität darbot und fragmentiert kontrapunktisch gestaltet war.

Varèses *Poém Electronique* wurde nach einer bestimmten Klangvorstellung entwickelt, welche jedoch ihrerseits erst durch die technischen Möglichkeiten geformt wurde. Das Konzept der *objects sonores*, also Klangobjekte welche collageartig mittels Taperecorder zusammengeführt wurden und erst am Ende eine räumliche Ausformung auf den Soundrouten erhielten, bestimmte die Entwicklung des Stückes. Xenakis' Komposition hingegen war von Beginn an räumlich konzipiert. Das *Interlude Sonore* bestand aus dem knisternden Klang brennender Kohle, welche im DMS Studio in Paris aufgenommen wurde, da Le Corbusier Xenakis einen dreiwöchigen Aufenthalt in Eindhoven verweigert hatte. Xenakis' Idee einer stochastischen Musik verwirklichte er hier in einer elektroakustischen

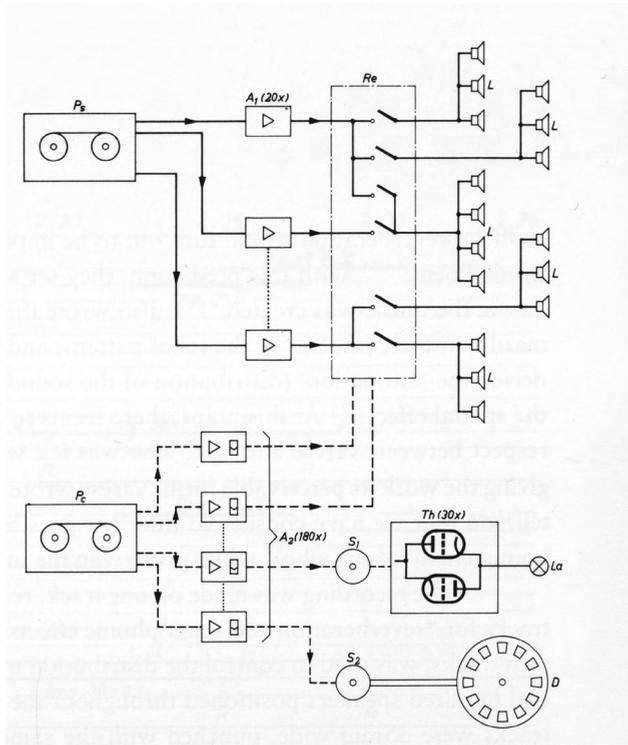
1 Der Philips Pavillon wird sehr oft mit dem Wagnerschen Konzept des Gesamtkunstwerks in Verbindung gebracht. Vgl. Darò 2015, 11, Clarke 2012, 216.

Komposition, welche durch kleine Klangereignisse in einer sehr dichten Verteilung und der Gesamtbewegung des Klanges als Masse und als Schwarm gekennzeichnet ist. Der Klang der brennenden Kohle wurde dabei aufgenommen, in einzelne Abschnitte zerlegt, welche das zufällige und unkontrollierte Knistern fragmentieren und anschließend, aufgrund einer vorangegangenen Berechnung, neu zusammensetzen sollten. Arnaud Dercelles, der Inhaber des Studios in Paris und Assistent Xenakis' bei der Realisierung dieses Stückes, berichtet: „Five or six sounds, selected at random, were cut to specific centimeter lengths of tape. These little pieces of tape were spliced together in various combinations that were then mixed. The final result resembled the original recording, but with a remarkable difference: now everything had been calculated and a series of „coincidences“ turned into a composition.“² Le Corbusier beschrieb das Stück, noch bevor es fertig war, in einem Brief an Kalff auf folgende Weise: „Clouds of intermittent sounds, varying in density and intensity, and moving within the space of the pavillon.“³

Xenakis hatte im Vergleich zu Varèse mehr Erfahrung mit elektroakustischer Komposition, denn er war Teil der von Pierre Schäfer gegründeten *Club d'Essay* in Paris, ab 1958 *Groupe Des Recherches Musicales* G.R.M., auch wenn er aufgrund von Meinungsverschiedenheiten mit Pierre Schäfer bereits 1958 die Gruppe verließ. *Concrete PH* entstand jedoch im Geiste der *Musique Concrète*, welche sich weniger mit Fragen der Notation beschäftigte, sondern mehr mit der Beschaffenheit und der elektroakustischen Manipulation von Klängen. Die *Musique Concrète* entfernte sich von der Abhängigkeit der Komponisten von ihren Interpreten und überließ alles was gehört werden sollte der Kontrolle der Komponisten. Die Wiedergabe einer Komposition schaltete somit die Notation aus, bzw. umging sie, um die Reproduktion jedes Mal identisch ablaufen zu lassen. Damit wurde die Interpretation hinfällig, da der Klang eingeschrieben und beim

2 Arnaud Dercelles zit. nach Tazelaar 2013, 154.

3 Le Corbusier zit. nach Tazelaar 2013, 153.

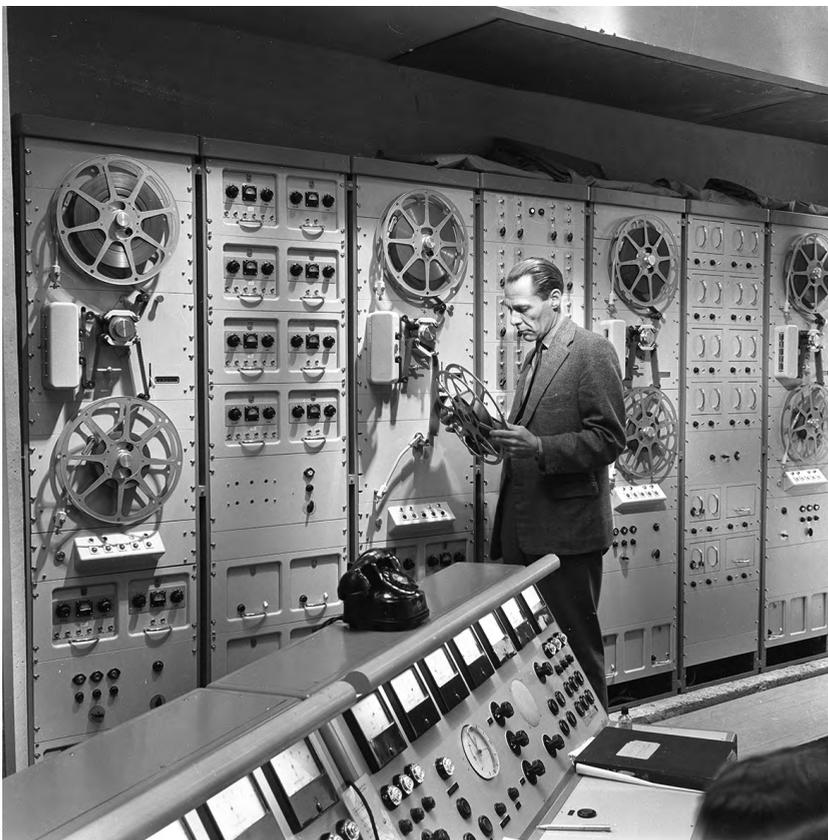


103 Schaltplan des Wiedergabesystems im Pavillon.

Abspielen der Aufnahme jedes Mal nahezu identisch wiedergegeben wurde. So weist Xenakis auf seine eigene Theorie der Klangerzeugung hin wenn er sagt, dass „zwischen diesen beiden Polen die „Grains“ in einer unendlichen Zahl verteilt werden und mit mittleren Entropien zwischen 0 und unendlich jegliche Art von Klängen, von der *Marseillaise* bis hin zu einer rohen dodekaphonischen Melodie erzeugen können.“⁴

Damit stand er der Informationstheorie von Claude E. Shannon sehr nahe, da Klang so weit in seine Grundstruktur zerlegt wurde (wie Information bei Shannon), bis er nur noch Rauschen (*Noise*) war, ein Begriff den die Informationstheorie aus dem Klanglichen entnommen hat. Dieser Argumentationslinie

4 Xenakis 1992, 64. Übers. von Autor.



104 Technik und Kontrollraum im Pavillon, von wo aus das *Poème* gestartet werden konnte.

folgend, wäre Musik somit komplett aus ihrem semantischen Bereich von Bedeutung enthoben und wäre somit ein an die *Mathematical Theory of Communication* angelehntes Kommunikationsmodell. Die technischen Möglichkeiten, die elektronische Geräte zur Verarbeitung von Signalen und deren Wiedergabe boten, standen hier im Mittelpunkt. Während die Informationstheorie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts immer tiefere Spuren hinterließ, entwickelten sich vor allem elektronische Geräte immer weiter. Philips experimentierte seit den 1940er Jahren mit Stereophonie und mit der Verbesserung der Akustik von Räumen. Zudem erkannte die Informationstheorie das Rauschen (*Noise*) als zentrale Eigenschaft von Informationen, welche im Maß der Entropie einen zentralen

Wert festlegte. Ähnlich wie bei der menschlichen akustischen Wahrnehmung, können Informationen aus einem Rauschen durch unser Gehirn gefiltert und extrahiert werden. Xenakis verfolgte eine ähnliche Strategie, die im Philips Pavillon synthetisiert und künstlerisch zum Ausdruck gebracht wurde und damit den Übergang vom Rauschen zum Rausch darstellt. Kybernetik war sowohl ein Zugang, der in Xenakis' Kompositionen die Steuerung von Phänomenen ermöglichen sollte als auch ein Konzept in einem erweiterten architektonischen Sinne, das die Steuerung eines *Environments*, die Kontrolle von Erfahrung und der Sinne durch Technologie beabsichtigte. Die Idee eines *Responsive Environments*, bei dem eine Interaktion zwischen Mensch, Maschine und Raum entstehen sollte, war im Pavillon jedoch noch nicht angewandt worden.

Das Konzept der klanglichen Entfaltung im Pavillon wurde zum einen durch Louis Kalf, zum anderen durch den zuständigen Techniker für Akustik und Elektroakustik Willem Tak entwickelt. Angeregt durch die *spectacle son et lumiere*⁵, sowie in Anlehnung an bereits erforschte und angewandte Technologien wie die künstliche Stereo-Hallerzeugung, entwickelten Tak und Kalf eine Idee für das Innenleben des Pavillons. In einem 1957 vorgelegten Test-Szenario schreibt Tak: „The hall is covered with a deep red glow, as a rumble sounds from underground. This rumble gradually transforms into a bass tone, which eventually concentrates at the lower part of wall A. On this wall, a film image appears above the sound. It is hazy at first, but then it increases in brightness. It contains the image of a plant growing at high speed, until it reaches a height of at least 8 meters. As the red light dissolves, the bass tone crossfades into other sounds, which become higher and higher in pitch.“⁶

Weiters wies Kalf in diesem Anfangsstadium auf die Notwendigkeit hin, den Entwurf des Pavillons an diese Vision anzupassen und dementsprechend zu gestalten. „It is very important that the Hall be acoustically prepared in such a

5 In bestehenden Orten integrierte Vorstellungen von Licht und Klang um die Mitte des 20. Jahrhunderts, etwa in französischen Schlössern.

6 Tazelaar 2013, 121.

way that the reverberation time is almost negligible. Only then will the sonic effects be shown to their full advantage. Therefore, the walls and ceiling of the hall will have to be covered with sound-absorbing material for low and high frequencies. [...] The above makes it clear that for the experiment to succeed, it is of the utmost importance that the effects in the scenario be thoroughly understood at the stage of designing the building.⁷

Xenakis schreibt in dem Bericht zu seinem Entwurf in einer dem Philips Pavillon reservierten Ausgabe des *Philips Technical Review*: „Auditorium, réceptacle des développements actuels de la musique basée sur les moyens électro-acoustiques. Pour pouvoir contrôler toutes sortes d'impressions spatiales, la reverberation doit être suffisamment faible. Les surfaces planes parallèles doivent être bannies en raison des réflexions multiples. Les angles trièdres également, car il y a réflexions accumulées sur les plans bissecteurs des angles dièdres. Par contre, les surfaces courbes, non de révolution, à rayon de courbure variable, sont excellentes. Les portions de sphère par exemple sont à rejeter, car elles produisent des échos localisés.“⁸ Die Raumakustik beeinflusste die Konzeption der komplexen Form maßgeblich, denn um alle möglichen Raumeindrücke kontrollieren zu können, sollte der Nachhall angemessen gering sein. Der Pavillon sollte dabei den Besuchern die Illusion von sich bewegende Soundquellen vermitteln, während sich der akustische Raum von einem engen und trockenen hin zu einem kathedralenartigen Gebäude entwickeln konnte.⁹ Damit ist die zentrale Bedeutung der Raumakustik ebenso deutlich, wie der Klang als Informant der räumlichen Ausformung.

Für die Realisierung der gewünschten Effekte, wofür teilweise erst die geeigneten Medien entwickelt und erprobt werden mussten, wurde eigens eine Halle in Eindhoven als temporäres Laboratorium für Klang- und Bildexperimente

7 Kalff zit. nach Tazelaar 2013, 123.

8 Xenakis 1958/59, 3.

9 Vgl. Kalff zit. nach Tazelaar 2013, 147.

ingerichtet. Hier verbrachten Willem Tak, Varèse und Jan de Bruyn, ein Assistent Taks, mehrere Monate mit der Herstellung der gewünschten Klänge. Zusätzlich zu den elektronisch erzeugten Klängen wurden *Field recordings* (Klangaufzeichnung einer Umgebung) aufgenommen, etwa von einem vorbeifliegenden Flugzeug. Kalff versuchte in einem Brief an Varèse das Szenario zu beschreiben, um ihm die Möglichkeiten und Potentiale klar zu machen: „There are sonic effects in space, therefore effects of movement, direction, reverberation and echo, which have never yet been used in electronic installations other than to accentuate the realism of music in concert halls and theaters such as La Scala in Milan. If you are able to use this effects, we believe the demonstration will be more interesting and new that it would be with only traditional automatic reproduction techniques.“¹⁰

Xenakis konnte, als er das *Interlude Sonore* entwickelte, auf die vorhandenen und von Philips entwickelten Systeme der mehrkanaligen Wiedergabe aufbauen, um so auf 3 Kanälen den sich bewegenden Klang zu integrieren. „The stereophonic sonic effects, reverberations, disappearances, etc., as well as transfer with variable speed, octave filters, passing through the impulse generator, etc., are possible.“¹¹ So beschrieb Tak die Möglichkeiten, die Xenakis zur Verfügung standen um, sein Stück in den Raum zu projizieren.

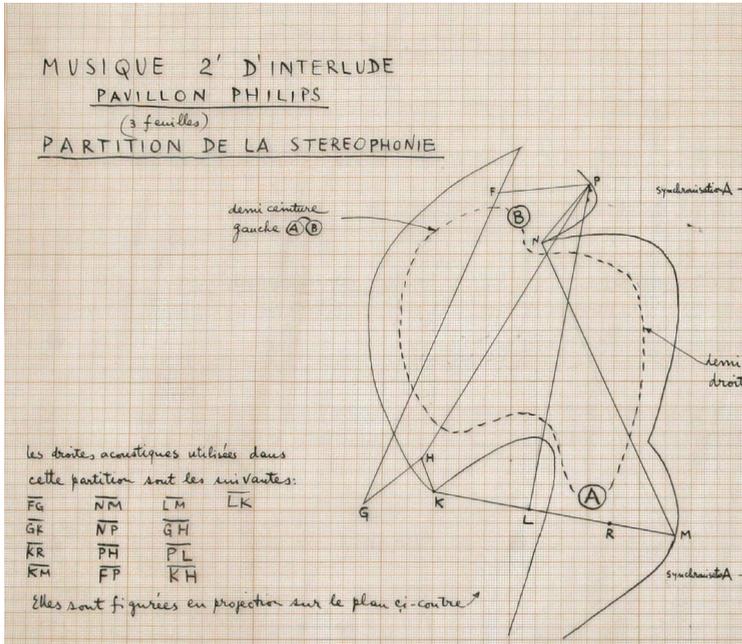
Ein wichtiges Element zur Verräumlichung des Klanges¹² war die Einrichtung der sogenannten Klang-Routen, auf denen sich sowohl Varèses *Poème Électronique* als auch Xenakis' *Interlude Concrete PH* durch den Pavillon bewegen sollten. Diese wurden von Philips in enger Zusammenarbeit mit Xenakis entwickelt. Sie wurden auf ca. 350 im Raum verteilten Lautsprechern erzeugt und übernahmen die räumliche Kontrolle des Klanges. Die Anzahl der Lautsprecher spricht sowohl für ein massenhaft konzipiertes Klangereignis, welches immersiv

10 Kalff zit nach. Tazelaar 2013, 127-130.

11 Tak zit. nach Tazelaar 2013, 155.

12 Siehe Glossar. Sowie *spatialisation, Spatial Music*.

sein sollte, als auch für eine hohe Auflösung der Bewegung des Klanges, denn um die Bewegung vollziehen zu können, musste der Klang von einem Lautsprecher immerzu zum nächsten umgeschaltet werden.¹³ Dies passierte mittels Frequenzübertragung, die einen bestimmten Kanal freischaltete. Diese Routen wurden an die Gebäudeform angepasst und verlagerten den Klang in unterschiedliche Teile des Gebäudes. Die *Glissandi* fanden nun nicht mehr nur in der zweidimensio-



105 Xenakis' Skizze des Grundrisses. Die Buchstaben markieren die Punkte, zwischen denen sich die Klänge bewegen.

nenalen Ebene, sondern in der kontinuierlichen Veränderung im Raum statt. Die Verräumlichung von Klang war an punktuelle Wiedergabesysteme gebunden, also an im Raum verteilte Lautsprecher, die Klang punktuell wiedergeben. (► 99) Während die Lautsprecher, an dessen Gestaltung Xenakis ebenso beteiligt war,

13 Vgl. Tazelaar 2013, 147

direkt ans Innere der hyperbolischen Paraboloiden angebracht wurden, waren die Tieftöner entlang der Grundrisslinie hinter der Trennwand angeordnet, welche ebenso die Lichtflutmaschinen für die *Farbambiances* verbargen.

Für die Verräumlichung entwickelte Xenakis wiederum eine eigene graphische Notation, mittels der er die Lokalisierung des Klanges und dessen Bewegungen aufzeichnen und den Technikern in Eindhoven präzise übergeben konnte. Auf dieser Art war die Verräumlichung anhand von ausgewählten Punkten, zwischen denen sich der Klang in unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen sollte, notiert.

Um die getrennt entwickelten Teile synchron abspielen zu lassen, wurden „Perfo tapes“ benutzt, welche vor allem im Film Anwendung fanden, um Ton und Bild zu synchronisieren. Die einzeln entwickelten Teile wurden so am Ende zu einem Ganzen zusammengefügt, um mit einem Knopfdruck die ganze Maschinerie in Gang zu bringen. Maschinerie, ein Wort das Le Corbusier vertraut war, denn er nannte die von ihm entwickelte und geplante Unitée d' Habitation in Marseilles eine *Machine a habiter*.

Es geht also auch hier wiederum um die Organisation und Kontrolle des Rauschens und des Rausches und damit um die Kontrolle der Körper. Technologien zur Verarbeitung und Steuerung von Signalen erzeugten Dynamik und Bewegung, welche, ähnlich wie in Xenakis' Kompositionen, die Statik von Architektur überstiegen. Demnach geht es auch im Gebäudeentwurf vielmehr um die Prozesse die darin ablaufen und weniger um eine statische Ästhetik. Auch wenn der Rausch an sich im Entwurf und in dem darin stattfindenden klanglichen Geschehen mit Methoden der Zufallsgenerierung kalkuliert wurde, so war die Erfahrung und die Funktion des Gebäudes höchst deterministisch.



107 Anbringung der Paneele, mit Abstandhalter und Fugenmasse.



108 Anbringung der Paneele mit Kran, darunter Anstrich der Flächen.

Schluss- Bemerkungen

„Yet the listener goes one step beyond. He doesn't stay at the lower level of the specimen's microscopically individual event, and he perceives noise as a macroscopically individual whole; in other words, as something possessing a regularity, an order!“

Iannis Xenakis

Den Bogen, den Iannis Xenakis im Rahmen dieses hier zentralen Projektes umspannte, reicht von immateriellen Ideen und Konzepten, bis hin zu ihren konkreten und materiellen Ausformungen. Damit hebt Xenakis die Gegensätzlichkeit von Klang als immaterielle Kunst und Architektur als materiellen Gegenstand auf und beweist, dass diese auf derselben Ebene funktionieren können. Für das Gelingen dieses Experiments war sein eigener Weg, den er als Komponist und Architekt gegangen ist, ausschlaggebend. Der dialektische Prozess der Annäherung und die Schleifen, die Xenakis in unterschiedlichste, voneinander entfernte Bereiche gezogen hat, sind für diese transversale Aneignung bezeichnend. Dabei hat er jeweils jenes Wissen aus anderen Bereichen zu Hilfe genommen, das er benötigte, um eine Problemstellung zu lösen. Diese „Transkription“ legte dadurch Wissen frei, das in den jeweils anderen Bereich transferiert wurde.

Seine Ausschweifungen in die obskuren Wissensbereiche der Physik, in die Fragen der Philosophie, in die Rationalität der Mathematik, die allesamt selbst tastend und mutmaßend nach Erkenntnissen suchen, machte ihn zu einem aufmerksamen Beobachter und einem Experimenteur, der vor nichts zurückscheute. Der Philips Pavillon war somit sowohl ein gebautes Manifest des menschlichen Intellekts, da Xenakis die *Raison* (Verstand) und die *Critique* (Urteilkraft) als zentrale Leitlinien in der Geschichte der Menschheit erachtete, als auch der Intuition und des Experimentierens in Gedanken.¹ Karin Krauthausen beschreibt in der Einleitung zum Buch *Notieren, Skizzieren* den Prozess des Gedankenexperiments, in Bezug auf Ernst Mach, wie folgt: „Dieses Experimentieren in Gedanken ist als systematische Fruchtbarmachung der eigengesetzlich ablaufenden Assoziationsvorgänge zu verstehen. Die Assoziation setzt zwar Sinneswahrnehmungen und Erinnerungen voraus, aber sie ist nicht einem Willen unterstellt. Das Assoziationsgeschehen erscheint in Machs Schriften als faktisches Geschehen, das von dem Assoziierenden selbst nicht beherrscht, aber experimentell manipuliert werden kann.“²

1 Vgl. Krauthausen 2010, 7.

2 Krauthausen 2010, 8.

Diese „konzentrierte Bewirtschaftung der Assoziationsvorgänge“³ trifft Xenakis' Prozess der Aneignung und Generierung von Methoden auf den Punkt, denn die assoziative Verwendung seiner Erfahrungen, vor allem klanglicher Natur, setzte er zuerst unbewusst ein, erkannte darin jedoch ein Potential das ausgebaut und manipuliert werden konnte. Die experimentellen Methoden sollte er nach seiner Frühphase noch weiter ausbauen, indem er z. B. das UPIC Programm entwickelte, eine Art Zeichentisch, auf dem Zeichnungen mittels eines Programms direkt in Tonsignale umgewandelt wurden. Zudem sollte die Anwendung weiterer Theorien viele Kompositionen hervorbringen. Nach den anfänglichen Schwierigkeiten in seiner kompositorischen Tätigkeit die geeignete Methode zu finden, fand er den Schlüssel seine Fähigkeiten gezielt einzusetzen. Krauthausen charakterisiert diesen „geleiteten Findeprozess“ wie folgt: „Ein solcherart provozierter ‚Zufall‘ ist jedoch kein singulärer Einfall, er gründet weder in bewusster Intention noch in unerklärlicher Willkür, sondern ist eine durch ‚ausdauernde Arbeit‘ begünstigte Wahrscheinlichkeit.“⁴ Weiters definiert sich das Entwerfen bei Krauthausen in Bezug auf Machs „Gedankenexperimente“⁵, „durch den Einsatz von Aufzeichnungen, Schreib- und Zeichensystemen, von Techniken der Darstellung und Sichtbarmachung und durch ein grundlegendes Experimentalverfahren: die möglichst kontinuierliche Variation von Umständen und Vorstellungen.“⁶ Diese Definition beschreibt Xenakis' Prozess der Aneignung und Verinnerlichung von experimentellen Methoden, die ihn, unabhängig davon in welchem Bereich er gerade tätig war, zu einem Entwerfer gemacht haben.

Die graphische Notation als experimentelles Verfahren, im Sinne einer Wissenschaft der Darstellungen, war immer das Bindeglied zwischen

3 Ebda.

4 Ebda.

5 Krauthausen verweist auf Mach, 1897.

6 Krauthausen 2010, 8.

mathematischen, wissenschaftlichen und künstlerischen Ideen und Konzepten, worin Xenakis selbst ein sehr hohes Potential entdeckt hatte, welches architektonischen Entwurfsverfahren sehr nahe kommt.

Der Pavillon befand sich in einer ganz eigenen ästhetischen Sphäre, nämlich einer der Prozessualität, der Operationalität und der Wissensgenerierung durch die Erforschung von Parallelitäten, welche als Kontinuität zwischen den Bereichen existieren. Xenakis selbst bevorzugte es daher von *interesting* oder *not interesting* zu sprechen,⁷ denn das Schöne, im Sinne einer Konvention dessen, was kulturell und gesellschaftlich als schön erachtet wird, war ihm nicht wichtig.

Die in diesem Buch angeführten Exkurse in das „Poème Électronique“, dem „Hören“, den „Experimentellen Methoden der Aufzeichnung“, der „Stochastik und Thermodynamik“, der „Kybernetik“, den „Acoustic Spaces“ und den „Immersive Environments“, sollen die Thematiken mit einer allgemeinen Verständnisebene der Synthese von Klang und Architektur verbinden und das Bauwerk in dem breitgefächerten Diskurs verankern, in dem sich Xenakis bewegte. Der Einfluss seiner Lehrer Messiaen, Le Corbusier und Scherchen, die Sichtbarmachung durch Aufzeichnungen unsichtbarer Phänomene bei Marey und Chladni, die Wahrscheinlichkeitsrechnung als zentrales mathematisches und graphisches Modell zur Rekonstruktion von physikalischen Prozessen, die Erweiterung der Mathematik hin zu mathematischen Kommunikationsmodellen bei Claude E. Shannon, die neuartige Konzeption von Umwelt als System von Daten bei Norbert Wiener, die Entwicklungen der Raumakustik bei Wallace C. Sabine und schlussendlich die Konzepte immersiver Räume, bei denen Klang zentraler Bestandteil ist, stellen sowohl den Rahmen dar, in dem sich das Gebäude bewegte, als auch mögliche Erweiterungen und Zugänge. Xenakis' Werk kann, zwischen all diesen Bereichen changierend, als „analoge (mechanische) Vorgeschichte“⁸ zu der digitalen Revolution gesehen werden, die sowohl die Ent-

7 Xenakis 1992, ix.

8 Vgl. Gethmann, Vorlesung „Cybernetic Serendipity in Architecture“, SoSe 2013.

wurfmethode der Architektur als auch der Musik, ebenso wie die Klanglandschaft um einiges vielschichtiger und komplexer gemacht hat. Dabei kann die Suche nach dem Ursprung der heutzutage so selbstverständlich angewandten Methoden zu einer Reflexion der eigenen Methoden führen, die Xenakis selbst immer angestellt hat, um nicht passiv den Instrumenten und Werkzeugen unterlegen zu sein, sondern diese zu kontrollieren, zu manipulieren und wenn möglich sogar hervorzubringen.

Die vorliegende Analyse soll somit auf der einen Seite das Blick- und Hörfeld erweitern und der Architektur die Dimension des Klanglichen wieder eröffnen, auf der anderen Seite die methodische Experimentalsituation und die Graphik als Gedankenexperiment aufzeigen. Die Verschränkung der beiden Bereiche fußt auf der Grundannahme, dass es zwischen Architektur und Klang eine gemeinsame Entwicklung gibt, welche nicht in Gegensatzpaaren denkt, sondern Teil einer gemeinsamen wissenschaftlichen Grundlage und einer gemeinsamen räumlichen Umgebung ist. Damit knüpft Xenakis an Wallace C. Sabines Auffassung an, dass „sound, [...], like any other physical phenomena, was best defined as a body of energy.“⁹ Gleichzeitig zeigt Xenakis' Beispiel, wie weit sich der entwurfsbestimmende Rahmen von der Architektur entfernen kann, ohne jedoch den Bezug dazu zu verlieren. An dieser Stelle möchte ich deutlich machen, dass es bei diesem Gebäude nicht um Formfindung, nicht um die analoge Übertragung von Melodien oder Proportionsverhältnissen von Intervallen zu Entwurfslinien, nicht um eine determinierte Ästhetik ging. Vielmehr ging es um eine darunterliegende Ebene der Methoden, auf der das Gebäude entstanden ist und aus diesem Hintergrund mit einer Selbstverständlichkeit von sich behaupten konnte, Musik zu sein.

Xenakis' Errungenschaft, eine neue Ordnung der Graphik etabliert zu haben, lieferte in ihrer Rückkoppelung an die hervorgebrachten Ergebnisse die frappierende Erkenntnis, dass Entwurfsmethoden und deren Ergebnisse

9 Thompson 2002, 37.

untrennbar miteinander verwoben sind. Das Komponieren am Zeichentisch oder das Entwerfen am Komponiertisch, die Verwendung von Millimeter- oder Transparentpapier, sowie das Skizzieren an sich, sind Beweise für ein Schaffen, das den menschlichen Intellekt und die Unkonventionalität von Methoden deutlich macht und sich stetig an der Schnittstelle von Kunst und Wissenschaft befindet. Xenakis' Schaffen kann, unabhängig von einer formal-stilistischen Einordnung, als Plädoyer für Wissenschaftlichkeit in der Architektur, für die Bedeutung des Hörens, für eine phänomenologische Empfindsamkeit, für Transversalität zwischen Fachbereichen, für utopisches Denken, für das Experiment verstanden werden, im Sinne einer materiellen Existenz und ihrer Erfahrung in der Architektur sowie in der Musik. Damit kann letztendlich die Ordnung der Sinne in der Architektur ebenso hinterfragt werden, wie die „tonangebende“ Macht des Bildes. Im Jänner des Jahres 1959 wurde der Pavillon demontiert.

Anhang

Bildnachweis

Nach Seiten

15, 20, 23, 24, 26, 52, 53, 64, 65, 78, 79, 97, 96,

116, 117, 136, 137, 144, 154, 155,

© Philips Archive.

18, 21, 33, 34 oben, 36, 37, 45, 75, 126, 129, 130

© FLC.

25, 43, 51, 59, 61, 62, 72, 90, 92, 105, 106, 107,

109, 111, 113, 115, 148, 149, 150, 151. Mit

freundlicher Genehmigung von Mähki Xenakis,

© Archive Xenakis.

59 Screenshot, <https://www.youtube.com/watch?v=dAwZYh0Dow>, Zugriff: 06.10.2016.

28-31 <https://www.youtube.com/watch?v=yuip-CP6Qkbw>, Zugriff: 12.07.2016.

32 <http://www.cirma.unito.it/vvp/ambiances.html> Zugriff: 23.09.16.

35 rechts Petit 1958, 35.

34 Treib 1996, 50.

35 links <https://www.discogs.com/de/Edgard-Var%C3%A8se-Robert-Craft-Columbia-Symphony-Orchestra-Density-215-Hyperprism-Int%C3%A9grales-Ionisatio/master/64382>, Zugriff: 10.10.2016.

40 Screenshots, <https://www.youtube.com/>

[watch?v=AkwY5Jn-GEA](https://www.youtube.com/watch?v=AkwY5Jn-GEA), Zugriff: 01.09.2016

47 https://de.wikipedia.org/wiki/Gravesaner_Bl%C3%A4tter, Zugriff: 10.10.2016

48 <http://www.studiodabbeni.ch/exhibitions/20/Hermann%20Scherchen:%20alles%20h%C3%B6rbar%20machen%20>, Zugriff: 09.10.2016.

49 Sammlung Edgard Varèse, Mit freundlicher Genehmigung der Paul Sacher Stiftung, Basel.

54 <https://en.wikipedia.org/wiki/Hearing>, Zugriff: 10.10.2016

58 https://en.wikipedia.org/wiki/Studie_I, Zugriff: 05.10.2016.

60 http://hyperallergic.com/wp-content/uploads/2013/09/Cage_433_4-1200.jpg, Zugriff: 05.10.2016.

MOMA New York, © 2016 John Cage Trust

66 Frizot 2007, 61.

67, oben Marey 1878, 17.

67 (links) Marey 1894, 13.

68 (unten) Marey 1894, 56.

69 (oben) Marey 1878, 158.

69 Chladni, Ernst Friedrich: Die Akustik,

- Leipzig 1830, Tab V.
- 73 Thompson, D'Arcy: On Growth and Form, Cambridge 1945, 1057.
- 74 (links) Thompson, D'Arcy: On Growth and Form, Cambridge 1945, 749.
- 74 (rechts) Thompson, D'Arcy: On Growth and Form, Cambridge 1945, 761.
- 76 https://de.wikipedia.org/wiki/Musik_und_Architektur, Zugriff: 02.09.2016.
- 80 https://en.wikipedia.org/wiki/Ars_Conjectandi, Zugriff: 10.09.2016.
- 81 <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrodynamica>, Zugriff 10.09.2016.
- 82 (links) Matossian 2005, 104.
- 83 https://en.wikipedia.org/wiki/Brownian_motion, Zugriff: 10.09.2016.
- 87 Baltensperger 1996, 334.
- 88 Baltensperger 1996, 245.
- 93 Xenakis 1972, 8.
- 95 Xenakis, Iannis: *Metastaseis*, London 1967, © Boosey and Hawkes.
- 98 <http://www.newyorker.com> Photograph by Alfred Eisenstaedt/The LIFE Picture Collection/Getty, Zugriff: 05.10.2016.
- 99 links, <http://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1949-wieners-moth-wiener-wiener-singleton/>, Zugriff: 05.10.2016.
- 99 (rechts) <http://cyberneticserendipity.net/>
- 100 Xenakis 1992, 135.
- 101 Xenakis 1992, 145.
- 110 Xenakis 1992, 65.
- 118 <https://www.architects.org/sites/default/files/images/architectureboston/2012summer/2symphonyhall.jpg>, Zugriff: 12.10.2016.
- 119 links, https://www2.ak.tu-berlin.de/~f-hein/Alias/Geschichte/chrono/Bilder/Osaka_innen.gif.
- 119 Mit freundlicher Genehmigung, © Archivio Ugo la Pietra, Milano.
- 122 Xenakis 1972, 123.
- 124 Philips Technical Review 1958/59, 7.
- 123 Palladio, *I quattro libri dell'architettura*, Secondo Libro, Fac Simile Reproduction, Mailand 1980, 19.
- 125 <http://www.geometrie.tuwien.ac.at/modelle>, Institute of Discrete Mathematics and Geometry.
- 133 Treib 1996, 39.
- 134 Treib 1996, 204.
- 134 Treib 1996, 160.
- 138 John Cage, *Early piano music*, in: *ECM New Series*, 1844, München 2005.
- 139 (links) extremetech.com. Zugriff: 12.09.2016.
- 131 <https://www.djbroadcast.net/article/125067/can-you-buy-your-way-into-berghain>, Zugriff: 12.09.2016.
- 143 Tazelaar 2013, 163.

Literatur

- Allen, Stan:** From object to field. in: Carp, Mario (Hg.): The digital turn in architecture 1992-1012, Chichester 2013, 62–79
- Baltensperger, André:** Iannis Xenakis und die stochastische Musik: Komposition im Spannungsfeld von Architektur und Mathematik [1987], Bern–Stuttgart–Wien 1996
- Bois, Mario:** Iannis Xenakis, the man and his music, a conversation with the composer and a description of his works [1967], Westport 1980
- Bruhn, Herbert:** Gehör. V. Musikpsychologische Aspekte, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 3, Kassel u.a. 1994, 1118–1126
- Clarke, Joseph:** Catacoustic Enchantment: The Romantic Conception of Reverberation. in: Grey Room 2 (2015), H. 60, Cambridge/MA 36–65
- Clarke, Joseph:** Iannis Xenakis and the Philips Pavilion, in: The Journal of Architecture 2 (2012), H. 17, 213–229
- Clarke, Joseph:** Temporal Modes of Architectural Formation, in: Kanach, Sharon(Hg.): Xenakis Matters, Contexts, Processes, Applications, Hillsdale–New York 2012
- Cage, John/Knowles, Alison (Hg.):** Notation, New York 1969
- Bienz, Peter:** Le Corbusier und die Musik, Braunschweig 1999
- Darò, Carlotta:** Le Murs du Son, le „Poème Électronique“ au Pavillon Philips, Paris 2015
- Darò, Carlotta:** Les avant-gardes sonores en architecture, Dijon 2013
- Darò, Carlotta:** Nachtclubs und Diskotheken, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 2 (2011), H. 5, 139–151
- Ebbeke, Klaus:** Aleatorik, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 1, Kassel u.a. 1994, 435–445
- Ernst, Wolfgang:** Im Medium erklingt die Zeit, Berlin 2015
- Ernst, Wolfgang:** Zum Begriff des Sonischen (Mit medienarchäologischem Ohr erhört/vernommen), in: Das Sonische-Sounds zwischen Akustik und Ästhetik, Pop Scriptum 10 (2008), Online unter: http://www2.hu-berlin.de/fpm/popscrip/themen/pst10/pst10_ernst.htm. Zugriff: 10.09.2016
- Finscher, Ludwig (Hg.):** Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 1, Bd. 2, Bd. 3, Bd. 6, Bd. 7, Bd. 8, Kassel u.a. 1994
- Friebe, Tamara J.:** The trilateral Dynamic. Three vocations unite: the Modulor, Metastaseis and the Philips Pavilion, Master Thesis, Melbourne 2006.

- Frisius, Rudolf:** Musique Concrete, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 6, Kassel u.a. 1994, 1834–1844
- Frisius, Rudolf:** Serielle Musik, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 8, Kassel u.a. 1994, 1328–1354
- Frizot, Michel:** Analyse und Synthese der Bewegung. Étienne-Jules Mareys Methode, in: Gethmann, Daniel/Schulz, Christoph B. (Hg.): Apparaturen bewegter Bilder, Münster 2006, 141–154
- Frizot, Michel:** Notation als graphische Darstellung und ästhetischer Sprung, in: Amelunxen, Hubertus von u.a. (Hg.): Notation. Kalkül und Form in den Künsten, Berlin–Karlsruhe 2008, 55–67
- Gethmann, Daniel:** Die Übertragung der Stimme, Zürich–Berlin 2006
- Harley, James:** Xenakis, His Life in Music, New York 2004
- Hilgers, Philipp von/Spieker, Sven/Velminski, Vladimir (Hg.):** Andrej A. Markov. Berechenbare Künste, Zürich–Berlin 2007
- Hirschmann, Wolfgang:** Empfindsamkeit, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 2, Kassel u.a. 1994, 1765–1771
- Kanach, Sharon/Lovelace, Carey (Hg.):** Iannis Xenakis. Composer, Architect, Visionary, New York 2010
- Kloos, Marten:** Iannis Xenakis. muziek, architectuur, ruimte, in: Wonen Tabk 2 (1984), H. 2, 18–19
- Krauthausen, Karin/Nasim, Omar W. (Hg.):** Notieren, Skizzieren. Schreiben und zeichnen als Verfahren des Entwurfs, Zürich 2010
- Lammert, Angela:** Zur Bildlichkeit der Notation, in: Amelunxen, Hubertus von u.a. (Hg.): Notation. Kalkül und Form in den Künsten, Berlin–Karlsruhe 2008, 39–54
- Le Corbusier:** Modulor 2, Cambridge/MA 1955
- Lootsma, Bart:** En oode van Philips an de vooruitgang. De ontwerpgeschiedenis en de architectuur van het Philipspaviljoen, in: Wonen Tabk 2 (1984), H. 2, 10–17
- Lootsma, Bart:** Auf dem Weg zu einer neuen Tektonik, in: Konstruktion von Atmosphäre, Daidalos 68 (1998), 34–47
- Mach, Ernst:** Über Gedankenexperimente, in: Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht 10 (1897), H. 1, 1–5
- Matossian, Nouritza:** Xenakis [1981], Lefkosia 2005
- Metzger, Chrisoph (Hg.):** Musik und Architektur, Saarbrücken 2003
- Marey, Etienne Jules:** La Méthode graphique dans les sciences expérimentales, Paris 1878
- Marey, Etienne Jules:** Le Mouvement, Paris 1894

- Möller, Hartmut:** Goldener Schnitt, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 3, Kassel u.a. 1994, 1493–1503
- Möller Hartmut:** Notation. Einleitung, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 7, Kassel u.a. 1994, 275–282
- Müller, Ingo:** A History of Thermodynamics. The doctrine of Energy and Entropy, Berlin–Heidelberg–New York 2007
- Naumann-Beyer, Waltraud:** Anatomie der Sinne, im Spiegel von Philosophie, Ästhetik, Literatur, Köln–Weimar–Wien 2003
- Nerlich, Christine:** KLANGtekonik, Entwurfsgrammatik in Architektur und Musik im Werk des Architekten und Komponisten Iannis Xenakis, Diss., Weimar 2008
- Petit, Jean:** Le Poème Électronique, Eindhoven 1958
- Plattig, Karl-Heinz:** Gehör. II. Periphere Verarbeitung, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 3, Kassel u.a. 1994, 1077–1093
- Reichardt, Jasja (Hg.):** Cybernetic Serendipity. The Computer and the Arts, London 1968
- Le Pavillon Philips a l' Exposition universelle de Bruxelles 1858, Revue technique Philips 20 (1958/59), H. 1
- Sterken, Sven:** Immersive Strategies in Xenakis's Polytopes, in: Oase 78 (2009), 116–125
- Sterken, Sven:** Iannis Xenakis, Ingénieur et Architecte. Diss., Gent 2003
- Solomos, Makis:** The Complexity of Xenakis Notion of Space, in: Brech, Martha/Paland, Ralph (Hg.): Kompositionen für hörbaren Raum. Die frühe elektroakustische Musik und ihre Kontexte, Bielefeld 2015
- Schafer, Robert Murray:** Die Ordnung der Klänge. Eine Kulturgeschichte des Hörens [1977], Mainz 2010
- Stockhausen, Karlheinz:** Texte zur Musik, Bd. 1, Köln 1963
- Sterne, Jonathan:** The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction, Durham–London 2003
- Thompson, Emily:** The Soundscape of Modernity. Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900–1933, Cambridge/MA 2002
- Thompson, Emily:** Die Klanglandschaft der Moderne, übers. von Rita Seuß, in: Hauser, Susanne/Kamleitner, Christa/Meyer, Roland (Hg.): Architekturwissen. Grundlagentexte aus den Kulturwissenschaften. Zur Ästhetik des sozialen Raumes, Bielefeld 2011
- Treib, Marc:** Space calculated in seconds. The Philips Pavilion, Le Corbusier, Edgard Varèse, Princeton/NJ 1996
- Tazelaar, Kees:** On the threshold of beauty. Philips and the Origins of Electronic Music in the Netherlands 1925–1965,

- Rotterdam 2013
- Ungeheuer, Elena:** Elektroakustische Musik, Elektrische Klangerzeugung bis 1950, in: Finscher, Ludwig (Hg.): Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopedie der Musik, Bd. 2, Kassel u.a. 1994, 1717–1749
- Ungeheuer, Elena:** Schriftbildlichkeit als operatives Potential in Musik, in: Krämer, Sibylle/Cancik-Kirschbaum, Eva/Totzke, Rainer (Hg.): Schriftbildlichkeit. Wahrnehmbarkeit, Materialität und Operativität von Notationen, Berlin 2012
- Varga, Bálint András:** Gespräche mit Iannis Xenakis, Zürich 1995
- Volmar, Axel/Schröter, Jens (Hg.):** Auditive Medienkulturen, Techniken des Hörens und Praktiken der Klanggestaltung, Bielefeld 2013
- Volmar, Axel:** Auditiver Raum aus der Dose. Raumakustik, Tonstudiobau und Hallgeräte im 20. Jahrhundert, in: Gethmann, Daniel (Hg.): Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik, Bielefeld 2010, 153–174
- Wever, Peter:** Inside Le Corbusiers Philips Pavilion, Rotterdam 2015
- Xenakis, Iannis (Hg.):** Music and Architecture [2006], übers. und kommentiert von Sharon Kanach, Hillsdale/NY 2008
- Xenakis, Iannis:** Genèse de l'architecture du Pavillon, in: Revue technique Philips 20 (1958/59), H. 1, 2–11
- Xenakis, Iannis:** Musique Architecture, Tournai 1971
- Xenakis, Iannis:** Formalized Music. Thought and mathematics in composition [1963], Stuyvesant/NY 1992
- Xenakis, Iannis:** Arts/Sciences: Alloys [1979], übers. von Kanach, Sharon, Hillsdale/NY 1985

Online

- iannis-xenakis.org
- centre-iannis-xenakis.com
- Xenakis Feldman, UbuWeb
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Notation>
Zugriff: 01.09.2016
- <http://systemdesign.ch/wiki/Kettenlinie>
Zugriff: 01.09.2016
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Poisson-Verteilung>
Zugriff: 01.09.2016
- https://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Friedrich_Gau%C3%9F, Zugriff: 01.09.2016
- https://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Boltzmann
Zugriff: 01.09.2016
- <http://www.cirma.unito.it/vep/>
Zugriff: 23.09.16
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Cybernetics>,
Zugriff: 24.08.2016

Video

- Marker, Chris:** L'heritage de la chouette, (The Owl's Legacy), Chris Marker, https://www.youtube.com/watch?v=ZplqDwE_hZY&nohtml5=False, Zugriff: 13.04.2016
- Ina.fr** (<http://www.ina.fr/video/I16025653/iannis-xenakis-metastasis-video.html>), Zugriff:

13.06.2016

„De bouw van het Philipspaviljoen“, <https://www.youtube.com/watch?v=yuipCP-6Qkbw>, Zugriff: 10.09.2016

Darò, Carlotta: „L'aventure Philips: histoire technique et culturelle d'un objet singulier“, <https://www.youtube.com/watch?v=EgjJvcSmFPE> Zugriff: 03.03.2016

Darò, Carlotta: Les arts sonores à l'épreuve de l'espace (Tacet - 2014), https://www.youtube.com/watch?v=qJbt_do5-6U, Zugriff: 23.08.2016

Interview mit Xenakis: <https://www.youtube.com/watch?v=hVR4XTbloZQ>, Zugriff: 27.08.2016.

Xenakis in einem Interview mit Volker Banfield und Heinz Otto Peitgen: <https://www.youtube.com/watch?v=j4nj2nklbts>, Zugriff: 01.07.2016.

Vorlesungen

AK Kunst und Kulturwissenschaften, „Methoden Kulturwissenschaftlicher Architekturanalyse“, Vorlesung Prof. Gethmann Daniel, Sommersemester 2014

AK Kunst und Kulturwissenschaften, „Cybernetic Serendipity in Architecture“, Vorlesung Prof. Gethmann Daniel, Sommersemester 2013

DANK

Mein Dank geht in erster Linie an Prof. Daniel Gethmann, für die vielen Gespräche, die vielen bildhaften Metaphern, die Geduld, Ausdauer und Hartnäckigkeit mich in der Konzeption und Ausarbeitung dieser Arbeit zu begleiten, und für die vielen inspirierenden Vorlesungen zu den Themen der Kybernetik, der Entwurfstheorie und der kulturwissenschaftlichen Architekturforschung, die einen großen Teil zu dieser Arbeit beigetragen haben.

Lisa Reiter für die unermessliche Hilfe in der Gestaltung des Umschlages.

Chris von der Infinitive Factory für den unkomplizierten Druck des Umschlages.

Simon, Christoph, Gerald, Lorenz, Lisa für Durchsicht der Arbeit.

Maria Magdalena, Angelika und Valerie für die aufmerksamste, sorgfältigste und kritische Lektüre und den unermesslichen Einsatz auf den letzten Metern.

Lorenz, für das Interesse und gute Gespräche über Chaos und Entropie.

Carlotta Darò, für ein kritisches Gespräch, Mähki Xenakis für die Möglichkeit der Sichtung und Bereitstellung von Iannis Xenakis' Archivmaterial, Arnau Dercelles für Einsicht und Bereitstellung von Archivmaterial der Fondation Le Corbusier.

Bufi und Mogli, für die kritischen Ohren und die kontinuierliche Auslotung der Grenzen und Erkundshaftung neuer Musiken und Klängen.

Meiner Familie, für die jahrelange Unterstützung, das Vertrauen und Geduld.

Laura, für die wertvollste Hilfe und Unterstützung, für die ausgesprochene Ausdauer im Zuhören, Lesen und Schreiben dieser Arbeit, und für die musikalischen Ausflüge.

**Der Philips Pavillon der Weltausstellung
 von 1958 in Brüssel verkörpert Klang
 als zentrales Entwurfselement.
 Spezifische Notationen, deren Herkunft
 weder ausschließlich musikalischer, noch
 architektonischer Natur waren, brachten
 dieses Gebäude in seiner Einzigartigkeit
 hervor und zeigen eine Verschränkung von
 Architektur und Musik.**

Samuel Zwinger