

Informierte Musik

Informationstheoretische Musikbildnisse in den 1950/60er Jahren

Alan Fabian

»Does information theory have anything concrete to offer concerning the arts? I think that it has very little of serious value to offer except a point of view, but I believe that the point of view may be worth exploring.«

John R. Pierce, 1961¹

- 1 John Pierce, *An Introduction to Information Theory*, Urbana 1980, S. 253.
- 2 Vgl. Lejaren Hiller, »Informationstheorie und Computermusik«, in: Darmstädter Beiträge zur Neuen Musik VIII (1964), hier S. 7–34.
- 3 Claude Shannon, »A Mathematical Theory of Communication«, in: *The Bell System Technical Journal* 27 (1948), S. 379–423, 623–656, hier S. 393.

Informierte Musik

»Es war einmal eine Zeit, in der Musik Information war...« – so will ich meine Geschichte von der Musik, die in den 1950/60er Jahren informationstheoretischen Quellen entspringt, anfangen lassen, um zu signalisieren, dass das, was ich hier zu erzählen habe, längst Geschichte ist. In dieser Zeit war Musik sozusagen über ihr Informationsmaß informiert, und das durch Musikanalytiker, die diese ›Musikinformationen‹ (v)ermaßen: Die Exposition von Alban Bergs *Sonate Op. 1* zum Beispiel hatte da ein durchschnittliches Informationsmaß von 3.524 Bits/Ton, die von Paul Hindemiths *Sonate Nr. 2* einen von 3.348, die von Ludwig van Beethovens *Sonate Nr. 27 in e-Moll* 3.003 und die von Wolfgang Amadeus Mozarts *Sonate C-Dur KV 545* 2.63 Bits/Ton (siehe Abb. 4). Diese und weitere Informationsmaße bezüglich anderer musikalischer Parameter nicht nur der besagten Musiken waren damals das Ergebnis Lejaren A. Hillers computerisierter Berechnungen am ersten Computer des *Digital Computer Laboratory* der Universität von Illinois, genannt Illiac.² Seine Berechnungen folgten dabei der mathematischen Informationsvermessung diskreter Informationsquellen, wie diese 1948 Claude E. Shannon in seiner Theorie von der Information mathematisch formuliert hatte (siehe Abb. 1).³

Abb. 1: Formel zur Errechnung von Informationsmaßen nach Claude Shannons »Theorem 2«

$$-\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i = -(p_1 \log_2 p_1 + p_2 \log_2 p_2 + \dots + p_n \log_2 p_n)$$

Doch nicht nur die Musikanalyse nahm in diesen Zeiten ein informationelles Erscheinungsbild an, auch die Musikstilistik erschien formiert zu Informiertem (Leonard B. Meyer), Musik und deren Notate als Mitteilungsförm ästhetischer und semantischer Information (Abraham A. Moles) sowie Kunstästhetik umformiert in Kommunikationstheoretisches (Max Benese), und all das unter Berufung auf Shannons mathematische Kommunikationstheorie. Weiter war Musik das Ergebnis mittelsamer Quellen bestehend aus Schöpfungsgaben, anfänglich abgebildet in Form einer gegebenen Anzahl möglicher Systemzustände mit der Maßgabe ›maximale Information‹ (»Chaos«), einer Quelle, die sich mit jeder Informationsent-

nahme, sprich, die sich letzten Endes mit jeder von Musikschöpfern entnommener zuständlichen (Vor-)Gabe an der dabei zunehmenden ›Redundanz‹ (Durchordnungsmaß des Chaos) verlor (Herbert Brün)⁴, und das ideell ganz im Sinne der stochastischen, also der wahrscheinlichkeitsbedingten Beschaffenheit informationstheoretischer Quellen⁵, wie Shannon diese in seiner Theorie bestimmt hatte: Jede Mitteilung entspringt da kommunikationstechnisch gedachten Quellen, zum Beispiel Zeichenquellen mit einer bestimmten Zeichenanzahl. Das Informationsmaß einer solchen Quelle (H_{max}) ist eine mittels der Anzahl der Zeichen (N) berechenbare Größe (siehe Abb. 2).⁶

Abb. 2: Die untenstehende mathematische Formulierung des maximalen Informationsmaßes einer diskreten Informationsquelle entspricht Shannons Formel in Abb. 1 für den Fall der Gleichwahrscheinlichkeiten $p_i = 1/n$

$$(H_{max})H_N = \log_2 N$$

Mitteilungen (sprachliche zum Beispiel) bestehen jedoch im Eigentlichen aus *bestimmten* Zeichen, so dass manche Zeichen vermehrt vorkommen und andere eher seltener. Das Informationsmaß (die Informationsentropie H) solcher Mitteilungen ist mittels der einzelnen Wahrscheinlichkeiten (p) des Vorkommens der Zeichen einer Zeichenquelle berechenbar (siehe Abb. 1). Das Verhältnismaß dieser beiden Informationsgrößen gibt die Redundanz an (siehe Abb. 3)⁷ – und so weiter.⁸

Abb. 3: Die informationstheoretische Redundanz R ergibt sich aus der Differenz der maximalen Information H_{max} und dem mitteilungsbedingten Informationsmaß, der Informationsentropie H

$$R = H_{max} - H$$

Die Titel der Schriften, in denen die musikinformativen Gedanken der genannten Musiktheoretiker/-ästhetiker dokumentiert sind, signalisieren einmal mehr, dass Musikanalytisches, -schöpferisches und -ästhetisches aus informationstheoretischer Sicht erdacht wurde, und das vor dem Hintergrund von Computertechnologie: *Informationstheorie und Computermusik* (1964)⁹, *Über Musik und zum Computer* (1971)¹⁰, *Information Theory and Esthetic Perception* (1966)¹¹, *Einführung in die informationstheoretische Ästhetik* (1969)¹², »Meaning in Music and Information Theory« (1957).¹³

Mein Erzählvorgehen

Das Vorhaben meiner Geschichtserzählung will nicht sein, all diese Denkansätze, die in den besagten und weiteren Quellenschriften dokumentiert sind, möglichst vollständig aufzuzählen, im Einzelnen vorzustellen, miteinander zu vergleichen oder zu bewerten.¹⁴ Wenn ich im Folgenden dennoch von diesen Ansätzen erzähle, dann hat das den Grund, dass ich beispielhaft die informationstheoretischen Bildnisse von Musik, die sich in diesen Ansätzen zeigen, näher besichtigen und nicht zuletzt in Frage –

4 Herbert Brün, »From Musical Ideas to Computers and Back«, in: Harry Lincoln (Hg.), *The Computer and Music*, Ithaca 1970, S. 23–36, hier S. 28–32.

5 Zur Stochastik sei folgende lexikalische Begriffsbestimmung zitiert: »Unter *Stochastik* wird der durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik sowie deren Anwendungsgebiete gekennzeichnete Wissenschaftsbereich verstanden, der sich mit der mathematischen Behandlung von Zufallserscheinungen befaßt.« Heinz Müller, *Lexikon der Stochastik*, Berlin 1975, S. 254.

6 C. Shannon, »A Mathematical Theory of Communication« (wie Anm. 3), S. 380.

7 Siehe Holger Lyre, *Informationstheorie*, München 2002, S. 27.

8 Siehe dazu weiterführend das Unterkapitel »The Discrete Source of Information« in: C. Shannon, »A Mathematical Theory of Communication« (wie Anm. 3), S. 384ff.

9 L. Hiller, »Informationstheorie und Computermusik« (wie Anm. 2).

10 Herbert Brün, *Über Musik und zum Computer*, Karlsruhe 1971.

11 Abraham Moles, *Information Theory and Esthetic Perception*, Urbana 1966.

12 Max Bense, *Einführung in die informationstheoretische Ästhetik*, Hamburg 1969.

13 Leonard Meyer, »Meaning in Music and Information Theory«, in: *The Journal of Aesthetic and Art Criticism* 15 (1957), S. 412–424.

14 Die Musikwissenschaft hat sich der musikgeschichtlichen Aufarbeitung dieser ersten Begegnung der Musik mit dem Informationszeitalter bis heute weitestgehend noch nicht angenommen, so dass für eine Übersicht dieses Begegnungsereignisses bis auf Weiteres auf folgendes zeitgeschichtliche Dokument verwiesen

sei: Joel Cohen, »Information Theory and Music«, in: Behavioral Science 7 (1962), S. 137–163. Eine systematische Aufarbeitung findet sich im Kapitel »Syntaktische Kommunikationsmodelle« in: Rolf Grossmann, *Musik als Kommunikation*, Braunschweig 1991, S. 14–54.

- 15 Auch die zeitgeschichtliche Diskussion möchte ich hier nicht abhandeln. Siehe diesbezüglich zum Beispiel das zeitgeschichtliche Dokument: Bennett Reimer, »Information Theory and the Analysis of Musical Meaning«, in: Bulletin of the Council for Research in Music Education 2 (1964), S. 14–22.
- 16 Offensichtlich handelt es sich bei Hillers Durchschnittsberechnung um die in der Statistik gängige Mittelung, genannt »Median«.
- 17 Siehe Lejaren Hiller / Calvert Bean, »Information Theory Analyses of Four Sonata Expositions«, in: Journal of Music Theory 10 (1966), S. 96–137, hier S. 108.
- 18 Ebenda, S. 104f.

oder zumindest Fragen an diese – stellen will. Denn aus heutiger Musik-sicht ist es alles andere als selbstverständlich, dass sich mittels mathematischer Größen wie »Information in Bit« und »Redundanz« allgemeingültiges Musikwissen schaffen lässt. Vielmehr scheint es doch sonderbar zu sein, dass die diskursiven Setzungen in Bezug auf Musik und Informationstheorie im Musikdiskurs einmal so diskutabel gewesen sind¹⁵, dass diese in vielfältigsten wissenschaftlichen Schriften wie zum Beispiel den aufgezählten Eingang fanden.

Informationstheoretische Musikanalyse: Musikmathematisierung

Die eingangs aufgezählten Informationsmaße sind für jede Sonaten-Exposition durchschnittliche (\bar{H}) in Bits/Ton. Diese ermittelte Hiller jeweils aus der Summe der Informationsmaße der 5 Einheiten:¹⁶ I (1. Thema), II (Übergang), III (2. Thema), IV (Fortführung des 2. Themas), V (Codetta) – die Informationsmaße dieser Einheiten berechnete er dabei mittels Shannons besagter Formel (Abb. 1). Für die Mozartsche Sonaten-Exposition sind die Ergebnisse in Tabelle 1 abgebildet.¹⁷

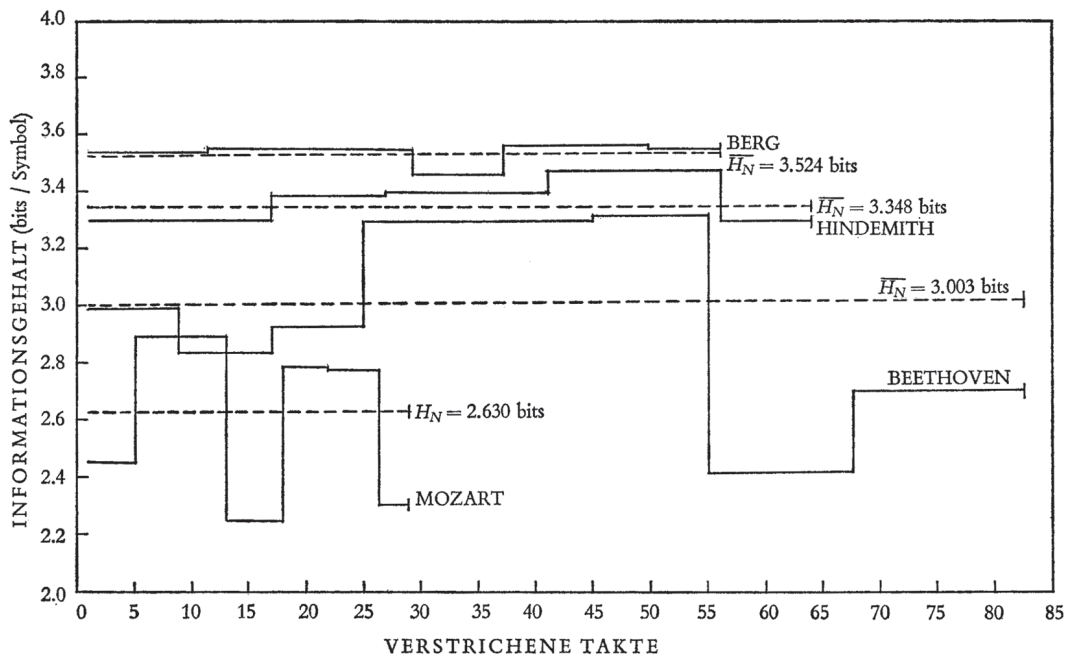
Tab. 1: Informationsmaße der formalen Einheiten (I–V) der Mozartschen Exposition (*Sonate C-Dur KV 545*)

Formale Einheiten	I	II	III	IV	V	Exposition I–V
Takte	1–4	5–12	13–17	18–21/22–26	26–28	1–28
H Bits/Ton	2.45 (2.446)	2.89	2.27	2.79/2.78	2.31	$H = 2.63$

Um die Informationsmaße errechnen zu können, hatte er zuvor das Vorkommen der einzelnen Tonhöhen jeweils für jede der 5 Einheiten durchgezählt, tabellarisiert und die Wahrscheinlichkeiten für das Vorkommen der Tonhöhen in Abhängigkeit zur Anzahl der jeweils insgesamt in einer Einheit vorkommenden Töne mathematisch bestimmt. Dies sei hier am Beispiel der Einheit I der Mozartschen-Exposition wie folgt beschrieben: Hillers Zählung der Töne der ersten 4 Takte, in denen, musikalisch verstanden, das 1. Sonatensatz-Thema vorgestellt wird, ergab eine Gesamtanzahl von 47. Für den darin 10malig vorkommenden Ton c bedeutete dies, dass statistisch gesehen in 10 von 47 Fällen dieser Ton c im 1. Thema vorkommt, was eine Wahrscheinlichkeit von $p_1 = 10/47$ ergab. Entsprechend bestimmte er die Wahrscheinlichkeiten p_2, \dots, p_{12} für die Töne c# bis h (siehe Tab. 2).¹⁸ Diese Einzelwahrscheinlichkeiten der 12 Tonhöhen summierte er gemäß Shannons Summationsformel (siehe Abb. 1) auf, so dass sich das besagte Informationsmaß von $H = 2.446$ für die Einheit I ergab.

Tab. 2: Die Zählung der Tonhöhen in Mozarts Expositionseinheit I (1. Thema, Takt 1–4, *Sonate C-Dur KV 545*) mit den jeweiligen Anzahlen des Vorkommens sowie den sich daraus ergebenden Wahrscheinlichkeiten (p)

Töne	c	c#	d	d#	E	f	f#	g	g#	a	a#	h	Summe
Anzahl	10	0	3	0	8	4	0	17	0	3	0	2	= 47
p_1, \dots, p_{12}	$10/47$	0	$3/47$	0	$8/47$	$4/47$	0	$17/47$	0	$3/47$	0	$2/47$	= 1
	0.213	0	0.064	0	0.17	0.085	0	0.362	0	0.064	0	0.043	= 1.0



Die Abbildung 4 zeigt das Ergebnis des beschriebenen Berechnungsvorgangs für alle vier Sonaten-Expositionen nach Hiller.¹⁹

Anhand der Ergebnisse dieser informationstheoretischen Musikanalyse schloss Hiller, die Informationsmaße der Sonaten-Expositionen miteinander vergleichend, ebendiese mit allgemeinen musikanalytischen (Hör-)Einsichten kurz: »Im allgemeinen scheinen unsere Ergebnisse soweit mit der subjektiven Erfahrung des Hörers übereinzustimmen.«²⁰ So ergaben vor dem Hintergrund dieses Kurzschlusses seine Rückschlüsse bezüglich Mozarts sowie Beethovens Sonaten-Exposition zum Beispiel, dass im Falle Mozarts das geringere Informationsmaß der thematischen Einheiten I und III gegenüber der Übergangseinheiten II und IV auf die themenbedingte Tonalitätsbezogenheit (»first and second themes as they are tonally based«) zurückgeht.²¹ Denn mehr Information bedeutet gemäß Shannons Formel die Annäherung an die maximale Information (gemäß Formel in Abb. 2 beträgt H_{max} für $N = 12$ Töne: $H_{12} = \log_2 12 = 3,584$ Bits/Ton) und damit an die Gleichwahrscheinlichkeit für jeden Ton, meint, je kleiner das Informationsmaß – oder andersherum gesagt, je größer die Redundanz – der Expositionseinheiten ist, desto eindeutiger sind die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für ganz bestimmte Töne der insgesamt 12 möglichen; am Beispiel der Mozartschen Expositionseinheit I, ausgehend von der in Tabelle 2 dargestellten Statistik deutlich gemacht: Die Töne c und g kommen ständig vor, d, e, f, a nur manchmal, und c#, d#, f#, g#, a# gar nicht, so dass, im Sinne Hillers musikanalytisch rückgeschlossen, die Wahrscheinlichkeiten für die tonalen Zentren (Grundton c: $p = 0,213$ und Dominante g: $p = 0,362$) am größten sind und die musikinformatielle Redundanz ent-

Abb. 4: Hillers Darstellung der durchschnittlichen Informationsmaße der eingangs genannten Sonatensatz-Expositionen von Berg, Hindemith, Beethoven und Mozart im Koordinatensystem (Zeit in Takten in Abhängigkeit von Bits/Ton)

19 L. Hiller, »Informationstheorie und Computermusik« (wie Anm. 2), S. 19.

20 Ebenda, S. 18.

21 L. Hiller / C. Bean, »Information Theory Analyses of Four Sonata Expositions« (wie Anm. 17), S. 117 und 122.

sprechend groß ist; mathematisch gesagt, beträgt die Redundanz für diese musikformale Einheit (I) $R = 3,584 - 2,446 = 1,138$ (gemäß Formel in Abb. 3) oder in Prozent umformuliert: $R = \frac{(3,584 - 2,446)}{3,584} * 100 \% \approx 32 \%$, was im Vergleich zur darauffolgenden Expositionseinheit (II) mit einer Redundanz von $R = \frac{(3,584 - 2,89)}{3,584} * 100 \% \approx 19 \%$ einen nicht ungroßen Unterschied bedeutet.

Ausgehend von solchen informationellen Rückschlüssen in Bezug auf die Tonhöhenstrukturen der Sonaten-Expositionen, verglich er dann, wie schon angedeutet, diese miteinander. Dazu sei folgendes Beispiel gegeben:

»Diese Ergebnisse stimmen mit dem Sachverhalt überein, daß Mozarts Musik stark auf diatonische Tonalität hin ausgerichtet ist, während die Musik Alban Bergs mit ihren fortwährenden chromatischen Modulationen für die zwölf Noten der Skala eine wesentlich größere Anzahl gleicher Wahrscheinlichkeiten ergibt.«

Dem fügte er noch hinzu, »daß Bergs Musik unter diesem Gesichtspunkt der Untersuchung der wahllosen Musik äußerst nahe kommt, wobei die Annahme zugrunde liegt, daß die aufeinanderfolgenden Tonhöhen jeweils unabhängig voneinander gewählt werden.«²² Im ersten Zitat findet sich ein kleiner Denkfehler, was seinen Rückschluss angeht. Ob es sich bei der Tonalität im Falle Mozarts um die diatonische oder vielleicht um eine ganz andere Tonalität handelt, lässt sich ausgehend von den Informationsmaßen gar nicht erschließen. Die Mathematik, die zu diesen zahlenhaften Musikmaßen führt, macht nämlich einen Rückschluss auf statistische Einzelheiten unmöglich: Ob in der Einheit I der Mozartschen Exposition die Wahrscheinlichkeit $p = {}^{10}/_{47}$ für c gilt (und damit p_1 ist) oder für c# (und damit p_2 wäre), ob die Wahrscheinlichkeit $p = {}^{17}/_{47}$ für g (und damit p_8) oder für h (und damit p_{11}) gilt (vgl. Tab. 2), das lässt sich ausgehend von der errechneten Information in Bits ($H = 2,446$) nicht erschließen, so dass die Tonalität in Mozarts Sonate auch eine andere als die diatonische mit den tonalen Zentren c und g sein könnte, nämlich zum Beispiel eine distanzielle mit den tonalen Zentren c# und h. Im zweiten Zitat ist eine vorsichtiger Formulierung vorzufinden; hier formulierte er, sich auf seine »Annahme« als Voraussetzung für seinen Rückschluss beziehend, um diesen Denkfehler herum.²³ Ohne also im Bilde darüber zu sein, auf welche musikanalytische Statistik sich ein angegebenes Informationsmaß bezieht, ist keine eindeutige musikalische Deutung ebendieses Maßes möglich – das jedenfalls zeigt sich anhand Hillers *Überdeutung*.

Und damit wird, wie ich meine, folgendes deutlich: Die informationstheoretische Musikanalyse ist keine Analyse von Musikalischem, sondern die zahlhafte Ausdeutung von *Musikanalytischem*, genauer, einer ganz bestimmten musikanalytischen *Sicht* auf Musiknotate. Denn berechnete Informationsmaße besitzen im Sinne Shannons ausschließlich eine mathematische Bedeutung, nämlich die zahlhafte »Ausdeutung« (im Sinne einer mathematischen Auswertung) einer Statistik zu sein. Da Hillers musikinformationelle Statistik das Ergebnis einer ganz bestimmten musikanalytischen *Sicht(ung)* ist, stellt sich seine informationsbezogene Ausdeutung als eine der Musikanalysesicht dar und nicht der analysierten Musik selbst.²⁴

22 L. Hiller, »Informationstheorie und Computermusik« (wie Anm. 2), S. 18.

23 Ohne diese Annahme nämlich könnte es auch *serielle* 12tönige Musik sein, und dann wäre an Wahllosigkeit in der Tonauswahl gar nicht mehr zu denken.

24 Ich verstehe hier Musikanalysen im musikgeschichtlichen Sinne als Monumente zeitgeschichtlicher Episteme des Musik(be)sicht(ig)ens. Dass Hiller einzelne musikalische Parameter analysiert, offenbart demnach monumental die serielle Bedingtheit des damaligen analytischen Denkens von Musik.

Musikstilistik informationstheoretisch:
 »the probabilistic nature of musical style«²⁵

Dass zeitgeschichtliche Musikstilistiken im Eigentlichen Wahrscheinlichkeitssysteme (»probability systems«) im Sinne Andrej A. Markovs (»Markoff process«) sind, war damals nach Meyer eine Tatsache.²⁶ Diese Tatsache begründete er auf einer anderen Tatsache, nämlich auf der Tatsache tonsetzerischer Reglements, die in musiktheoretischen Schriften vorgeben, was im jeweiligen zeitgeschichtlichen Musikstil an Tönen dem eher, also wahrscheinlich aufeinander folgt und was wahrscheinlich eher nicht.²⁷ In diesen Stilsystemen (»style system«) – oder »Stilquellen«, wie Hiller diese in Bezugnahme auf Meyers Stiltheorie nannte²⁸ – entstand musikalische Bedeutung mittels stilsystemischer Unwahrscheinlichkeiten, sprich, durch Störungen der musikstilistisch bedingten Hörgewohnheit, eine Bedeutung, die in der Struktur des Werkes enthalten war (»embodied meaning«).²⁹ Ebendiese Unwahrscheinlichkeit von Gewohnheitsstörungen war ihm die Bedingung für musikalische Kommunikation (»musical communication«), die zugehörige Gewohnheit (ein bestimmter Musikstil) die Voraussetzung für die Kommunikation musikalischer Information (»communication of musical information«).³⁰ Komponieren in einem Musikstil bedeutete für ihn entsprechend, die stilbedingte Vorhersehbarkeit zu stören, für den Hörer stilistische Unvorhersehbarkeiten zu schaffen (»designed uncertainty«).³¹ Die die Musikbedeutung bildende Verhältnisseinheit war ihm dabei das musikalische Ereignispaar von Vorangehendem und Darauffolgendem (»antecedent-consequent relationship«)³², ein Verhältnis, das Hiller in seiner informationstheoretischen Musikanalyse für die besagten Sonaten-Expositionen in Bezug auf harmonische Folgen gemäß Shannons mathematischer Formalisierung der Markovschen Folgewahrscheinlichkeiten (»transition probabilities«³³) (siehe Abb. 5)³⁴ errechnete.³⁵

Abb. 5: Markovsche Folgewahrscheinlichkeiten n ter Ordnung nach Shannon

$$p(i_1, i_2, \dots, i_n) = p(i_1) * p_{i_1}(i_2) * \dots * p_{i_1, i_2, \dots, i_{n-1}}(i_n)$$

Sein musikinformationelles Theoretisieren führte Meyer letztlich zur Infragestellung des mathematischen Bildnisses von Musikstilistik: »Is it possible to develop an accurate mathematical picture of musical style which could serve as a basis for quantification and measurement of musical information?«³⁶

Die seit Markovs mathematischer Untersuchung von 1913 *statistisch* verstehbare Struktur von Sprachsyntax³⁷ setzte Meyer also auf der Ebene *musikalischer* Syntax mit Musikstilistik gleich. Das Unwahrscheinlichere erhielt in seiner stochastisch gedachten Musikstiltheorie dabei die Macht musikalische Bedeutsamkeit aufscheinen zu lassen, das Wahrscheinlichere demgegenüber die Macht der Gewohnheit. Musikstilistik galt Meyer als das eigentliche Kommunikationsmittel musikalischer Bedeutung; nach Shannon jedoch ist ein Kommunikationsmittel eine ganz und gar bedeutungsunabhängige Mitteilungstechnik (»messages have *meaning*; [...]

25 L. Meyer, »Meaning in Music and Information Theory« (wie Anm. 13), S. 412.

26 Ebenda, S. 412 und 419.

27 Ebenda, S. 414.

28 L. Hiller, »Informationstheorie und Computermusik« (wie Anm. 2), S. 39.

29 L. Meyer, »Meaning in Music and Information Theory« (wie Anm. 13), S. 421 und 412.

30 Ebenda, S. 414.

31 Ebenda, S. 419.

32 Ebenda, S. 416.

33 C. Shannon, »A Mathematical Theory of Communication« (wie Anm. 3), S. 386. Ins Deutsche mit »Übergangswahrscheinlichkeiten« übersetzt. Claude Shannon, »Eine mathematische Theorie der Kommunikation«, in: Friedrich Kittler u.a. (Hg.), *Ein/Aus*, Berlin 2000, S. 3–93, hier S. 17. Um zu signalisieren, was Übergangswahrscheinlichkeiten im stochastischen Sinne sind, sei hier und im Weiteren »Folgewahrscheinlichkeiten« synonym gesetzt.

34 C. Shannon, »A Mathematical Theory of Communication« (wie Anm. 3), S. 387.

35 Siehe L. Hiller, »Informationstheorie und Computermusik« (wie Anm. 2), S. 22ff.

36 L. Meyer, »Meaning in Music and Information Theory« (wie Anm. 13), S. 422.

37 Vgl. Andrej Markov, »Beispiel einer statistischen Untersuchung am Text ›Eugenij Oegin‹ zur Veranschaulichung der Zusammenhänge von Proben in Ketten«, in: Philipp von Hilgers / Wladimir Velinski (Hg.), *Berechenbare Künste*, Berlin 2007, S. 75–86.

- 38 C. Shannon, »A Mathematical Theory of Communication« (wie Anm. 3), S. 379.
- 39 Lejaren Hiller / Leonard Isaacson, *Experimental Music*, Westport 1979, S. 33.
- 40 Einen ersten Versuch, Musik stochastisch zu synthetisieren (noch uncomputerisiert, mit der Hand), machten 1949 Mary E. Shannon (Shannons Ehefrau) und Pierce (»some very primitive statistical or stochastic music«). John Pierce, *An Introduction to Information Theory*, Urbana 1980, S. 255. Für eine Übersicht weiterer Versuche, ohne und mit Computern musikalische Strukturen zu synthetisieren, siehe J. Cohen, »Information Theory and Music« (wie Anm. 14), S. 143ff.
- 41 L. Hiller / L. Isaacson, *Experimental Music* (wie Anm. 39), S. 5.
- 42 »Die Logik von der technischen Spezifikation«. Bernhard Dotzler, *Diskurs und Medium*, München 2006, S. 23.
- 43 Vgl. Alan Fabian, *Computerisierte Musikenkunst. Eine Archäologie der Computermusik*, Berlin 2012.
- 44 Max Bense, »Ästhetische Kommunikation und Information«, in: *Aesthetica*, Baden-Baden (1982), S. 208–225, hier S. 216.

These semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering problem.«).³⁸

Informationstheoretische Musiksynthese: Mathematikmusik

Die Musikinformation machte auch vor ihrer Reproduktion keinen Halt. Die viel zitierte *Illiad-Suite* für Streichquartett war Mitte der 1950er Jahre Hillers erstes »Experiment« informationstheoretisch gedachter und computerisiert umgesetzter Musiksynthese (»music synthesis«³⁹).⁴⁰ Denn seine informationstheoretischen Musikanalysen wollten experimentell bestätigt sein – so seine Vorstellung damals. Und nicht nur das, letztlich wollte er den Status des Experimentellen verlassen und in den des Kunstmusikalischen überführen – die Ergebnisse seiner computermusikalischen Experimente trug er nicht umsonst 1963 ausgerechnet bei den Darmstädter Ferienkursen vor, die damals als das Zentrum der kunstmusikalischen Avantgarde galten. Diese ›Versuchung‹, die seine musiksynthetischen Versuche anzuführen scheint, ist, wie ich meine, aus seiner folgenden Frage herauszuhören: »might this also lead to new and different ways of composing music which would interest the contemporary composer?«⁴¹ Musik konnte jedenfalls zu dieser Zeit das Ergebnis ausführbarer Computerprogramme sein. Kurzgeschlossen gesagt, computerisierte Algorithmen komponierten, die berechneten Zahlenausgaben bildeten Musiknotate ab. So wurde in dieser Zeit aus Mathematik Musik: Mathematikmusik – wie ich diese ›musikalisierte Mathematik‹ darum nennen will.

Aus Sicht der Informationsverarbeitung in Computern, also aus »techno-logischer«⁴² Sicht, deuten jedoch weder Algorithmen noch Zahlen – so musikalisch auch deren funktionale Benennung im Computersprachlichen sein will – auf Musikalisches, sondern sind ganz undeutend ausschließlich Abbilder elektrotechnischer Vorgänge und Zustände.⁴³

Informierte Kunstästhetik: Kommunikations(kunst)ästhetik

Nicht nur die Musik wurde damals informationstheoretisch vermessen, sondern auch die Kunstästhetik, die spätestens seit Kant Musiken zu Kunstmusik stilisierbar gemacht hatte. Kants kunstästhetisches Regulator des Geschmacksurteils, das Kunst-Beurteilende dazu ermächtigte, das geniale kunstschöne Produkt zu regulieren, war da an Benses und Moles' informationellem Maßstab der Mitteilungsverständlichkeit ›Redundanz‹ als Voraussetzung für »ästhetische Verständigung« abmessbar.⁴⁴ Die Verständlichkeit von Genialität (»originality«) in künstlerischen Mitteilungen besaß nach Moles bezüglich der menschlichen Wahrnehmung das experimentell ermittelte Informationsmaß von 16–20 Bits/Sekunde (»bits of originality per second«). Die eigentliche Kunst des Künstlers bestand darin, der Information seiner künstlerischen Mitteilung (H_1) ein ›Mehr‹ an Information (H_1') hinzuzufügen, ohne unverständlich zu werden. Der künstlerische Wert (»artistic value«) eines Kunstwerks war demgemäß

im mathematischen Sinne bestimmbar: $Value = f(|H_1 - H_1'|)$.⁴⁵ Nach Bense waren Kunstwerke Mitteilungsformen, die ästhetische Informationen (Mitteilungen über die Stochastizität auf der Ebene des Syntaktischen) vermittelten und darin ästhetische Kommunikation bedeuteten.⁴⁶ Nach Moles enthielten kunstwerkliche Mitteilungen zweierlei Informationen, nämlich semantische Information (»semantic information«) einerseits und ästhetische (»esthetic information«) andererseits – beispielhaft für die kunstmusikalische Mitteilung erklärt: Das Musiknotat eines Kunstwerks bedeutete denjenigen, die dieses Notat erklingen lassen wollten, auf der Ebene einer universalen Syntaxlogik (»universal Logic, structured«) die Mitteilung semantischer Information; das Erklingende teilte dem Hörer (»receptor«) ästhetische Information im Verhältnismaß dieses Erklingenden zur semantischen Information mit:⁴⁷ »Esthetic information represents the *field of freedom* of the musical message in relation to its operating notation (the score), which is only a schematization of the music.«⁴⁸

Information ist in der mathematischen Informationstheorie Shannons der Maßstab, an dem sich die stochastische Eigenschaft der Codierungsinstanz sowie die Größe des technischen Übermittlungskanals bemisst, und damit ausschließlich eine quantitative Größe.⁴⁹ Qualifizierungen dieser Information zu semantischer oder ästhetischer gibt es da nicht, genauso wenig wie ein Informationsmaß des ›Mehr‹ (H_1') oder die Berechnung qualitativer Bewertungsgrößen wie Mitteilungsoriginalität und ›künstlerischer Wert‹.

Musikinformatielles Kaleidoskop

Informationelle Zahlengrößen scheinen Musikdenkern informierter Musik vor allen Dingen Denkgrößen des Kunst- und Musikverstehens gewesen zu sein, das zeigt sich in meinen Besichtigungen insbesondere der nicht-Hillerschen Ansätze sowie mit der Sichtung der jeweiligen Quellschriften insgesamt. Moles fasste dies in Bezug auf das »Kunstwerk« und »das [informationelle] Maß in der Ästhetik« 1971 wie folgt zusammen: »Die informationelle Theorie der ästhetischen Wahrnehmung mit ihren zahlreichen Varianten und ihren jüngsten Fortschritten bietet [...] ein zumindest theoretisches Maßsystem«.⁵⁰ Weiter zeigt meine Besichtigung, dass das eigentlich Gemeinsame der vielfältigen informationstheoretischen Musikverständnisse weniger in den Theoretisierungen selbst als vielmehr in der Episteme zu bestehen scheint, die die Musikinformationstheoretiker all dies erdenken ließ. Diese Episteme offenbart sich dementsprechend, andersherum gedacht, erst mittels des Gesamtbilds, das sich wie in einem Kaleidoskop aus den vielfältigen Einzelansätzen zusammensetzt und im Eigentlichen in ebendiesem musikinformationellen Kaleidoskop besteht. So will ich im Folgenden versuchen, mich der Funktionalität dieses Kaleidoskops anzunähern.

45 A. Moles, *Information Theory and Esthetic Perception* (wie Anm. 1), S. 161f.

46 M. Bense, »Ästhetische Kommunikation und Information« (wie Anm. 44), S. 208 und 224.

47 A. Moles, *Information Theory and Esthetic Perception* (wie Anm. 1), S. 129.

48 Ebenda, S. 168.

49 Siehe C. Shannon, »A Mathematical Theory of Communication« (wie Anm. 3), S. 401.

50 Abraham Moles, *Kunst und Computer*, Köln 1973, S. 32.

Claude Shannons Musen

Musikdenker *verklären* die Informationstheorie mit Musikalischem vielmehr, als Musikalisches mit dieser Theorie zu *erklären*, wie sich in meinen jeweiligen Gegenüberstellungen der einzelnen musikinformationstheoretischen Ansätze mit Shannons Theorie zeigt. Sie *sprechen* den informationstheoretischen Bemessungsgrößen und kommunikationssystemischen Instanzen – von Information und Redundanz bis hin zum Kommunikationssystem –, deren mathematische Bedeutungen ausschließlich durch kommunikationssystemische Technizität bedingt sind, musikfunktionale Bedeutungen *zu*, so dass die informationellen zahlhaften Dinge zu *musikinformationellen* werden. Darin sind sie die *Musen*, die Shannons Theorie *Musik* einsagen – bildlich gesprochen. Die mathematik- und technikfunktionale Bedeutungsebene, auf der Informationstheorie erdacht und denkbar ist, verlassen sie, denn Musik kommt dort nicht vor. In diesem umdeutenden Zusprechen sehe ich folgende diskursive Strategie: Sie diskursivieren Non-Diskursives. Zahlen bedeuten, was ihnen Formeln zuteilen; auf dieser Ebene mathematischer Funktionalität *sprechen* im diskursiven Sinne weder die Formeln noch ihre Zahlen, ebendarin sind diese non-diskursiv; erst in Diskursen sprechen Zahlen und Formeln über ihre Bedeutsamkeit, erst Diskurse geben ihnen eine ›Stimme‹. Und genau das tun die Musikinformationstheoretiker, sie übergeben Zahlen und Formeln musikalische Bedeutsamkeit, sie qualifizieren Quantitatives zu Musikmaßen und mathematisch-Formelhaftes zu Musikmessungspraktiken. Das *Sprach-tun*, mit dem sie hier ans musikinformationstheoretische Werk gehen, lässt sich dementsprechend wie folgt dingfest machen: sie deuten.

Diese Praxis sind sie aus dem Musikdiskurs gewöhnt. Denn Musik *spricht* – im Wortsinne – nicht, wenn diese nicht in Diskursformationen wie Musiktheorie oder -ästhetik gedeutet wird, »[d]enn Musik ist Klang und spricht nicht für sich, wir sprechen für sie.«⁵¹ Das *Musik-Deuten* ist da eine Suche nach Transzendente[m], nach Bedeutungen jenseits des Erklingenden – so jedenfalls stellt sich das Ideal der musiktheoretischen/-ästhetischen Deutung in den vergangenen Jahrhunderten dar. Ebendiese Idealisierung stellt jedoch die Tatsache eines Musiktranszendenten erst her: Damit dieses Ideal Tatsache werden kann, geben Musiktheoretiker/-ästhetiker vor, es gäbe ein Verhältnis von Musik und Transzendenz. Denn nur wenn es ein *zu Bedeutendes* gibt (im Falle der Musik die erklingende Transzendenz), lässt sich auf dieses (Musiktranszendente) hindeuten; erst wenn dieses Verhältnis ein diskursives Gesetz(tes) ist, kann die – im wahrsten Sinne des Wortes – *wahrsagende* (Wahres sagende) Macht des Deutens im Musikdiskurs herrschen.⁵²

51 Annette Kreuziger-Herr, »...leer im Inneren«, in: Michael Haeflinger (Hg.), *Lucerne-Festival. Begleitbuch zur Ausstellung*, Luzern 2007, S. 14–25, hier S. 14.

52 ›Wahrsagen‹ ist hier im Sinne Michel Foucaults gemeint. Vgl. Michel Foucault, *Diskurs und Wahrheit*, Berlin 1996.

Warren Weaver, Pegasos musischer Informationsquellen

Die ›Musen Shannons‹ (Hiller, Meyer, Bense, Moles und Brün) praktizieren ihr musikinformationstheoretisches *Wahrsagen* in einer Diskursformation, deren Diskursbegründer Warren Weaver ist. Er ist – in weite-

ren Bildern griechisch-antiker Sagen gesprochen – der *Pegasos*, der die ›musische Informationsquelle‹ lostrat, und das 1949. Ein Jahr nach Erscheinen von Shannons Aufsatz im *The Bell System Technical Journal* erschien dieser ein weiteres Mal, da jedoch zusammen mit einem Aufsatz von Weaver mit dem Titel *Some Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication*.⁵³ Darin (ver)erklärte Weaver Shannons Kommunikationssystem zu einem, das Mitteilungen nicht nur auf der syntaktischen Ebene statistisch-stochastisch bestimmbar, sondern auch auf der semantischen (›*statistic semantic characteristics of the message*‹) machte, mit der Begründung, dass Syntax und Semantik ganz grundsätzlich in einem unmittelbaren Verhältnis zueinander stünden und in dieser Abhängigkeit gemeinsam die Wirkungsebene bedingten.⁵⁴ In dieser so gegründeten diskursiven Formation herrschte eine allererste Wahrheit, die das mathematisch-technische Kommunikationssystem zu Musik(kommunikationssystemischem) erst umdeutbar machte sowie die technischen Einheiten von Sender und Empfänger in (menschliche) Kommunikationsinstanzen mit Verstand; in dieser Diskursformation ermächtigte ein ganz bestimmtes *Gesetz(tes)* alles musikinformationstheoretische Wahrsagen, das Weaver wie folgt formulierte: »The word *communication* will be used here in a very broad sense to include all of the procedures by which one mind may affect another. This, of course, involves not only written and oral speech, but also music [...] and in fact all human behaviour.«⁵⁵ Seine nahezu erhabenen Gründerworte von der endlich möglichen einzig wahren Theorie von der Semantik führen dieses von Grund auf Gesetze/dieses ›Grundgesetz‹ an: »I think [...] that one is now, perhaps for the first time, ready for a real theory of meaning.«⁵⁶

Weaver ernannte in seinem Aufsatz Shannons Theorie zu einer, die für alle Ebenen der spätestens seit 1938 im Namen von Charles Morris dreigeteilten Semiotik (Syntax, Semantik, Pragmatik⁵⁷) gilt (›a general theory at all levels‹⁵⁸). Mit dieser Ernennung initiierte er schließlich die Begründung einer ganz eigenen Formierung des Sprechens über Informationelles, in der verschiedenste informationelle Theoriebildungen der Abhängigkeiten besagter Ebenen untereinander möglich waren.⁵⁹ Wie eigenständig diese Diskursformation gegenüber des mathematisch-technischen Diskurses, dem die Shannonsche Theorie entspringt, tatsächlich ist, das zeigt sich nicht zuletzt in Weavers Bewertung dieser als absonderlich (›bizarre‹). Wie sonderbar sich die musikinformationstheoretischen Denkansätze andersherum, also aus der Theoriesicht Shannons, ausnehmen, darauf habe ich mit den besagten Gegenüberstellungen von Musikinformationellem und mathematisch-Informationstheoretischem aufmerksam gemacht. Hier stehen sich also ganz offensichtlich zweierlei Diskurse mit jeweils ganz eigenen Gesetzmäßigkeiten des Wahrsagens gegenüber, und das unter Berufung auf ein und dieselbe Theorie. Damit offenbart sich in der von mir angesagten ›Verklärung‹ der Shannonschen Informationstheorie letztlich ein eigenständiger Diskurs; dass sich die Musikinformationstheoretiker in ihren Schriften wieder und wieder auf Weaver berufen, kommt nicht von ungefähr. Weavers Idee vom Hörer mit einer bestimmten informationellen Empfangskanalgröße, die der Mittei-

53 Warren Weaver, »Some Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication«, in: *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana 1998, S. 1–28.

54 Vgl. Ebenda, S. 24–28.

55 Ebenda, S. 3.

56 Ebenda, S. 27.

57 Vgl. Charles Morris, *Foundations of the Theory of Signs*, Chicago 1938.

58 W. Weaver, »Some Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication« (wie Anm. 53), S. 27.

59 Vgl. ebenda, S. 24–28.

60 Ebenda, S. 27.

61 Siehe L. Meyer, »Meaning in Music and Information Theory« (wie Anm. 13), S. 420.

62 Und genau darin ist das Experimentelle in Hillers Theorieansatz kein »ästhetisches Paradigma«, wie Großmann meint (»Die ›Experimental Music‹ Hillers experimentiert – dies ist ein Teil ihres ästhetischen Paradigmas«), sondern eine diskursbezogene Strategie zur Ästhetisierung von Non-Diskursivem. M. Grossmann, *Musik als Kommunikation* (wie Anm. 14), S. 34.

63 Zumindest seiner Biographie nach hat er diesen Beweis mit Erfolg geführt, so hat es den Anschein, denn aus dem promovierten Naturwissenschaftler (Chemiker) Hiller war 1968 nach jahrelangem musikalischem Experimentieren ein Professor für Komposition geworden.

64 Dass die wahrsagerische Macht der Zahl kein »seinshaftes« Dasein führt, sondern letztlich ein diskursabhängiges, will ich mit dieser Formulierung signalisieren.

65 Vgl. Erich Frank, *Plato und die sogenannten Pythagoreer*, Halle (Saale) 1923, nicht Friedrich Kittler, *Musik und Mathematik I*, München 2006.

lungsversender einzuhalten hat, damit der Empfänger diese verstehen kann (»if you overcrowd the capacity of the audience you force a general and inescapable error and confusion.«)⁶⁰, (über)nahm Meyer 1957 sogar wörtlich und erklärte damit die Unverständlichkeit von Avantgarde-Musik der 1950er Jahre: Avantgarde-Komponisten überbeanspruchen die Größe des Kanals ihrer Hörer (»the channel capacity of the audience«), mittels dessen sie musikalische Bedeutung empfangen.⁶¹

Der Wille zum informationstheoretischen Musikwissen

Die Frage, die sich mir hier stellt, ist die nach dem Grund, Musik über ihr Informationsmaß informieren zu wollen, meint, klingende Kunst und deren Notate mittels Kommunikationstechnik/-mathematik erklären, Musikwissen informationstheoretisch schaffen zu wollen: Was ist der Grund dieses Willens, Musik informationstheoretisch zu wissen? Mein Antwortversuch darauf lautet: Die universale Macht der Zahl, zeitgeschichtlicher gesagt, die Wirkmacht des stochastischen Maßes, wie diese im naturwissenschaftlichen Diskurs zeitgleich herrschte und dort Wahrsagungen in Form der experimentellen Beweisführung (Analyse, Auswertung, Synthese) ermöglichte. Wie gesagt, lässt sich über und »für« Musik sprechen und somit Bedeutung *zusprechen*; dazu ist jedoch aufgrund ebendieser Tatsache der Diskursivierung von Non-Diskursivem allergrößte »Sprachmacht« nötig, nur so können die ausgesprochenen Weisheiten zur Musik (wahres) Musikwissen sein. Das zu bewerkstelligen, gilt es, für die musikalischen Worte und Dinge wirkmächtige Diskursfunktionalitäten geltend zu machen, solche eben, wie die Naturwissen schaffende Funktionalität der *Maßzahl*.

Hiller zum Beispiel bewerkstelligte die Vernaturwissenschaftlichung des Musikalischen dadurch, dass er das Musikschöpfen experimentalierte. Seine experimentelle Beweisführungslogik war dabei folgende: Wenn die Synthese einer statistisch analysierten Musik die gleiche kunst-ästhetische Wirkung hat, wie das Original, dann ist Kunstmusik als stochastischer Vorgang beschreibbar und der Beweis geführt, dass Musik mathematisch abbildbar ist.⁶² Und nicht nur das, sondern dann ist die computerisierte Musiksynthese mit erfundenen statistisch-stochastischen Vorgaben eine künstlerische Praxis, Computertechnologie kommt dann der Status eines künstlerischen Schaffungsmittels zu.⁶³

Das Sein des Scheins: Geschichtliches

Sich auf das wahrsagerische Sein des zahlhaften Scheins⁶⁴, sich auf den Schein von der naturalistischen Mächtigkeit des Zahlenmaßes in das Sprechen über Musik einzulassen, hat Tradition in der europäischen Musikgeschichte: So zeigte zum Beispiel Musikmathematik die universalen Weltmaße in Verhältnissen an der klingenden Saite an (Archytas' Pythagoreertum⁶⁵), die musikastronomische Mathematik der weltharmonischen

Sphärenmusik zeigte sich im Erklingen mehrstimmiger Musik (Johannes Kepler), die Natur des Musikhörens zeigte sich am Maß psychoakustischer Hörmathematik (Hermann von Helmholtz). Meine Geschichte von der informierten Musik lässt sich in diese musikgeschichtliche Serie als eine einreihen, in der nicht nur aufgeklärte Kunstästhetik, sondern auch die zugehörige Musikschöpfung scheinbar ihrer mathematischen Natur überführt wurde. Denn um für das Sprechen über Kunstmusikästhetisches in den Besitz mathematischer Universalmacht zu kommen, dazu machten Musikdenker sich in den 1950/60er Jahren ein informationstheoretisches Bildnis von der Musik. So bildeten sie das von mir anhand von Beispielen vorgeführte informationelle Musikverständnis aus, das Musikwissen Schaffenden einen (vermeintlich) zeitgeschichtlich unabhängigen und ›unverkünstelten‹ Vergleichsmaßstab (»independent of historical context and unweighted by qualitative connotations«⁶⁶), nämlich den der *Musikinfor-mation*, an die Hand gab.

66 L. Hiller / C. Bean, »Information Theory Analyses of Four Sonata Expositions« (wie Anm. 17), S. 130.

Summary

During the 1950/60's, the ›information age‹ befell the discourse of music like a thunderbolt. At this time, Claude Shannon's Theory of Information (The Mathematical Theory of Communication) was found in the analysis of music (Lejaren Hiller), in the theory of musical style and meaning (Leonard Meyer), in the aesthetics of music and art (Max Bense, Abraham Moles and Herbert Brün) and in music generated by computers (Hiller, Pierre Barbaud and Iannis Xenakis). Shannon's mathematical measure of information and redundancy was interpreted as a means to explain Music and Art. In this paper, I argue that authors and composers at this time were interested in such interpretations due to the discursively universal power of numerative measure.