

sein, speziell für Distinktionen terminologischer Art und für die Verbesserung der Beschreibungssysteme. Zweitens dürfte die Aufzeichnung und Analyse musikethnographischen Materials wesentlich verfeinert werden können. Drittens glaube ich schließlich, daß Untersuchungen dieser Art wichtige musikpädagogische Konsequenzen nach sich ziehen können.

HANS-PETER REINECKE / HAMBURG

### *Zur Frage der Anwendbarkeit der Informationstheorie auf tonpsychologische Probleme*

Die sogenannte *Informationstheorie*, die als mathematische Theorie der Kommunikation steigende Bedeutung gewinnt, findet als ein methodischer Ansatzpunkt unter mehreren anderen auch ihren Platz in der tonpsychologischen Forschung. Hier seien einige kritische Anmerkungen zu ihrer Anwendbarkeit beigesteuert. Einer der Gründe dafür ist, daß sich neben den Gegnern, die mathematische Verfahren vielleicht pauschal ablehnen, Verfechter finden, welche sich von der Informationstheorie gewissermaßen eine Patentlösung zur Klärung aller noch offenen Fragen erhoffen. Die Frage, inwieweit informationales Denken für die Musikforschung von Nutzen ist, wurde bisher nur in geringem Maße untersucht. Gleichwohl werden die von der Informationstheorie entworfenen methodischen Modelle sicher manche fruchtbare Ergebnisse liefern; doch darf auf der anderen Seite nicht übersehen werden, daß einseitige Blickrichtung leicht zu verfälschenden Ergebnissen führen kann.

Was verbirgt sich hinter dem Begriff *Informationstheorie*? Wie kam man dazu und was vermag sie zu leisten? Die Informationstheorie versucht, mit Hilfe mathematischer Methoden die Kommunikation zwischen Menschen untereinander, als „Zeichenverkehr“ verstanden, aber auch zwischen Mensch und Umwelt, vor allem als Beobachtung, quantitativ und strukturell zu erfassen<sup>1</sup>. Es zeigte sich schon früh, daß die mathematischen Mittel der Informationstheorie und der verwandten Kybernetik auf den verschiedensten Forschungsgebieten anwendbar sind, da technische, organische und auch psychologische Sachverhalte analogen inneren Gesetzmäßigkeiten gehorchen, die auf diesem Wege quantitativ erfassbar scheinen. Die Informationstheorie ist — ganz allgemein — eine mathematisch-statistische Theorie der Nachrichtenübertragung. Sie entstand zunächst auf dem Gebiet der elektrischen Nachrichtentechnik; C. E. Shannon<sup>2</sup> hat — etwa gleichzeitig mit den Arbeiten Norbert Wieners<sup>3</sup> — die grundlegende mathematische Theorie der Kommunikation entwickelt. In dieser Theorie der Nachrichtenübertragung ist der Begriff *Nachricht* in voller Absicht auf ein rein technisch zu verstehendes Nachrichtenelement eingeschränkt. Eine Nachricht im Sinne der Informationstheorie kann daher ganz verschieden aussehen. Es kann ein Nervenimpuls sein, ein elektrischer Stromstoß, ein Telefonklingeln, aber auch ein Lächeln oder das Ausbleiben einer erwarteten Äußerung. Es kommt ganz auf das Kommunikationssystem an. Die Informationstheorie sieht vom Inhalt einer solchen Nachricht völlig ab; sie beläßt es lediglich bei einem quantitativen Substrat, das definiert ist als die Funktion der Wahrscheinlichkeit, mit der es aus einer bestimmten Menge möglicher Nachrichten ausgewählt wird; z. B. ein Wort aus dem zur Verfügung stehenden Wortschatz.

<sup>1</sup> W. Meyer-Eppler, *Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie*, Bln.—Göttingen—Heidelberg 1959, S. III.

<sup>2</sup> C. E. Shannon, *The mathematical theory of communication*, Urbana, Ill. 1949.

<sup>3</sup> N. Wiener, *Cybernetics*, New York—Paris 1948.

An dieser Stelle sei betont, daß der Kommunikationsforschung zwei unterschiedliche methodische Wege offen stehen: einmal der Weg unter dem hypothetischen Gesichtspunkt, mit Hilfe ihrer Modell-Vorstellungen das funktionelle Verhalten von Objekten der Wissenschaft, etwa der Biologie, Physiologie oder Psychologie zu untersuchen, zum anderen in der technisch-pragmatischen Absicht, durch ihre Mittel bestimmte menschliche Leistungen der Informations-Verarbeitung zu ersetzen.

Für die Wahrnehmungspsychologie hat die Informationstheorie zunächst vor allem die Bedeutung einer Modell-Vorstellung, einer Arbeitshypothese, wie etwa das Rutherford'sche Atommodell für die Physik. Sie erhebt nicht den Anspruch, Gesetzeskraft zu besitzen, die nur zu bestätigen wäre. Es versteht sich daher, daß möglicherweise bessere Modell-Vorstellungen psychische Vorgänge „widerspruchsfreier“ darzustellen vermögen, als der Kommunikations-Gesichtspunkt, alle psychischen Abläufe als ein Anpassungs-Verhalten anzusehen. Es liegt nahe, daß manche Faktoren zugunsten dieser Modell-Vorstellung eliminiert werden müssen. Das ist kein Fehler, solange man sich dieser Tatsache bewußt bleibt. So ist auch der *Massepunkt* der klassischen Mechanik, d. h. der Begriff einer *Masse ohne Ausdehnung* eine ähnlich neuristische Modell-Vorstellung, von der kein Physiker je geglaubt hätte, es gäbe sie wirklich; sie diene lediglich als methodisches Hilfsmittel. Die Informationstheorie hat im analogen Sinn den Charakter einer mathematisch-statistischen Modell-Vorstellung mit dem pragmatischen Zweck, bestimmte Verhaltensweisen möglichst widerspruchsfrei zu erklären. Die Konsequenz daraus ist, daß man die einzelnen Sachverhalte daraufhin untersucht, ob sie unter diesem Gesichtspunkt zu fassen sind oder nicht, keinesfalls aber die, alle Sachverhalte nur noch durch die kommunikative Brille zu sehen.

Die einfachste Form einer Kommunikationskette besteht aus *Signalquelle* — *Übertragungskanal* — *Empfänger*. Die *Signalquelle* ist gewissermaßen der Urheber der Nachricht, der *Übertragungskanal* hat die Meldung zu übermitteln und an den *Empfänger* weiterzugeben. Der einfachste Fall einer sprachlichen Kommunikationskette besteht aus Sprecher, Schallfeld und Hörer. Ist der *Übertragungskanal* nicht fähig, Meldungen direkt zu übermitteln wie etwa die Sprache im Raum, so müssen sie in geeigneter Weise in ein anderes Signalsystem übertragen werden; so kann der Sprachschall z. B. durch Umwandlung in elektromagnetische Wellen über weite Strecken übertragen werden; nach Ankunft beim Empfänger muß er dann zurückverwandelt werden in akustische Schwingungen. In manchen Fällen ist eine *Codierung* notwendig, am zweckmäßigsten in der Form, daß die häufigsten Nachrichtenelemente das kürzeste, die seltensten aber das längste Code-Zeichen erhalten.

Die Elemente der Informationstheorie sind statistische Größen. Signale, die häufiger auftreten, werden auch eher erwartet als seltene; während z. B. in einer unbekanntenen Sprache jedes Wort „neu“ ist, kann in der eigenen Sprache der Grad der Vorsehbarkeit einzelner Worte ganz unterschiedlich sein (Entropie-Profil). Dieser Grad der „Erwartung“ oder der Zufälligkeit seines Auftretens wird — in Analogie zur statistischen Thermodynamik — durch das Maß der *Entropie* ausgedrückt. Die Entropie liegt zwischen den Extremwerten: vollständige Vorhersehbarkeit = 0 und totaler Zufall = maximale Entropie. Ein weiterer wichtiger Begriff in der mittel als zur vollständigen Nachrichtenübertragung notwendig sind. So drückt das Maß der Informationstheorie ist die *Redundanz*. In den meisten Fällen werden mehr „Signale“ über-Redundanz die „Weitschweifigkeit“ einer Nachrichtenübermittlung aus; es gibt an, wie groß der Überschuß an Nachrichtenelementen ist.

Schließlich läßt sich der *Informationsgehalt* einer Meldung durch die Anzahl von Ja/Nein-Entscheidungen darstellen, die zu ihrer Spezifizierung notwendig sind. Das Verfahren führt zum sogenannten binären System, dessen Grundmaß  $H$ , der Informationsbetrag in binären Ziffern (binary digits = *Bit*) angegeben wird. Allgemein gilt bei  $N$  = wahrscheinlichen Alter-

nativen, daß der Betrag von  $H$  gleich der Potenz ist, zu der die Zahl 2 erhoben werden muß, um  $N$  zu ergeben:

$$2^H = N \text{ oder } H = \log_2 N \text{ (Bits)}^4$$

Ein informationstheoretischer Ansatz hat in der Psychologie vor allem dort seinen Platz, wo Versuchspersonen auf verschiedene Reiz-Alternativen zu reagieren haben, überall dort, wo geschlossene Kommunikationsketten bestehen. Wie aber steht es mit dem musikalischen Hören?

Das musikalische Hören läßt sich nur mit größter Vorsicht als abgeschlossene Kommunikationskette behandeln. Hier handelt es sich um verschiedene Bereiche, die zwar einzeln als in sich geschlossene Systeme aufgefaßt werden können, während der Übergang von einem Bereich in den anderen aber viele Probleme aufwirft. In jedem Bereich gelten eigene Strukturgesetze. Schließlich ist die psychologische Seite, die sich zweifellos auch informational behandeln läßt, ganz anders geartet, als etwa die akustische oder die physiologische. Hier besteht die große Gefahr unzulässiger Vereinfachung der gegebenen Sachverhalte. Dazu gehört unter anderem der fragwürdige Versuch, die Helmholtzschen „Empfindungselemente“ der Tonhöhe<sup>5</sup> in den Frequenz-Unterscheidungsschwellen wieder aufleben zu lassen. So wurde versucht, aus ihnen im Zusammenhang mit Intensitäts- sowie Zeitschwellenwerten ein Valenz-Inventar zu errechnen, dessen Elementen Signalcharakter zukommen soll. Auf diesem Wege wird zwar — gewissermaßen hintenherum — eine scheinbare psycho-physische Kontinuität des musikalischen Hörens hergestellt; doch lassen sich gegen dieses Verfahren die gleichen Einwände vorbringen wie auch gegen die Thesen der älteren Psychophysik etwa bei Helmholtz<sup>6</sup>.

Allerdings zeigt die Gegenüberstellung solcher Versuche mit beobachtbaren Daten, daß schon der Ansatz problematisch ist. So ergeben sich aus den ca. 370 unterscheidbaren Intensitätsgraden und 2000 unterscheidbaren Graden der Frequenz auf rechnerischem Wege 740 000 Valenzen, während die tatsächliche Tonhöhe-Lautheits-Kapazität nur etwa bei 330 000 liegt. Heinrich Fack berichtet schon 1956<sup>7</sup> in Hamburg, daß sich die aufgrund von Untersuchungen verschiedener Autoren errechneten Valenzen für die Intensität voneinander um mehr als den Faktor 10 unterscheiden. In diesen Fällen liegt die Schwäche offenbar in einer unangemessenen Anwendung der Theorie. Die verwendeten Schwellenwerte sind durch paarweisen Vergleich unter experimentellen Bedingungen zustande gekommen; sie sind aber nicht „autonom“, d. h. als „Individuen“ wiederzuerkennen; also auch nicht als „Signale“ im informationalen Sinn zu verstehen. Es zeigt sich, daß der informationstheoretische Ansatz einer Überprüfung gerade der überkommenen akustisch-tonpsychologischen Grundvorstellungen notwendig macht; sie muß dazu führen, einzelne Ebenen beim Hörvorgang zunächst für sich zu betrachten, um daraus später Zusammenhänge abzuleiten. Eine durchlaufende kausale Bindung zwischen den einzelnen Bereichen von vornherein zu unterstellen, die etwa zu der Forderung führen könnte, für eine Psychologie des musikalischen Hörens im Vorweg die physikalische Struktur der Schallabläufe zu erforschen, läßt sich anhand der bisherigen Forschungsergebnisse auch der Informationstheorie nicht zureichend beweisen.

<sup>4</sup> P. R. Hofstätter, *Psychologie*, Das Fischer Lexikon 6, Ffm. 5/1960, 168.

<sup>5</sup> Vgl. H. P. Reinecke, *Über die Eigengesetzlichkeit des musikalischen Hörens und die Grenzen der naturwissenschaftlichen Akustik*, in *Musikalische Zeitfragen* 10, hrsg. v. W. Wiora, Kassel und Basel 1962, 34–44.

<sup>6</sup> Vgl. hierzu auch W. Meyer-Eppler, a. a. O., 225.

<sup>7</sup> H. Fack, *Zur Anwendung der Informationstheorie auf Probleme des Hörens*, Kongreßbericht der GMF, Hamburg 1956, Kassel und Basel 1957, 91–95.