

Zeitwahrnehmung bei Musikern

Der Organist Jakob Adlung schreibt 1758 in seiner »Anleitung zu der musikalischen Gelahrtheit«: »Also würde es lächerlich seyn vor sich selbst den Tact zu führen durch das Tappen mit den Füßen, oder Nicken mit dem Kopfe; Denn die Glieder erfahren ihre Richtigkeit von den Gedanken, wenn diese richtig, ist mir das Äusserliche nicht nötig;...« Die Vorstellung, ein Musiker könne ohne »äußere« Hilfsmittel, lediglich mit Hilfe seiner »Gedanken« zu einem - was die Zeitabläufe betrifft - genauen Spiel gelangen, findet in neueren theoretischen Überlegungen Unterstützung, die das Vorhandensein einer inneren Uhr postulieren. Seit den Hypothesen Hoaglands (1933) haben sich vor allem genauere Vorstellungen über einen neuronalen Taktgeber entwickelt (Allan, Christofferson und Wiens 1971; Treisman 1984). Dieser Taktgeber generiert neuronale Impulse, die in einem sensorischen Speicher summiert werden. Die Anzahl der Impulse in einem bestimmten Intervall bildet die innere Repräsentation einer Zeitdauer. In einem Vergleichselement kann dann diese Dauer mit der aus einem anderen Speicher verglichen werden. Diese Vergleiche können entweder a posteriori oder in real-time geschehen (Creelman 1962; Rammsayer 1987). Der Vergleich eines dargebotenen Reizes mit einem intern gespeicherten oder kurz vorher dargebotenen Reiz geschieht entweder über eine Differenz- oder eine Verhältnisbildung (Gibbon, Church, Meck 1984). Einigkeit besteht inzwischen darüber, daß die Frequenz des neuronalen Oszillators durch innere und äußere Faktoren beeinflusst werden kann (Rammsayer 1987). Bisher gibt es jedoch keine überzeugenden Hinweise zu einer anatomischen Lokalisation der neuronalen Uhr.

Im Bereich der Forschung zur Zeitwahrnehmung nehmen Untersuchungen zur Zeitkunst Musik inzwischen einen breiten Raum ein (vgl. Shaffer 1984; Ellis 1991). Beispielsweise versucht Shaffer (1984, S.424) eine Verbindung zwischen der Funktion einer inneren Uhr und dem motorischen Sy-

stem herzustellen: »We lead to infer the existence of an internal clock... the clock underlying musical performance does not behave like a regular metronome but is capable of controlling motor timing with the same degree of precision.«

Die Hypothese

In dieser Untersuchung soll ein spezieller Aspekt der Zeitwahrnehmung untersucht werden, und zwar die Frage, ob ein Zusammenhang besteht zwischen der Genauigkeit, mit der kurze Zeitintervalle richtig geschätzt werden und der Fähigkeit, ein Musikstück mehrere Male hintereinander mit der annähernd gleichen Dauer zu spielen. Außerdem soll geprüft werden, ob ein Zusammenhang besteht zwischen dem Zeitschätzungsvermögen und der Fähigkeit zur zeitlich präzisen internen Repräsentation von Musik. Dies wird durch das mehrmalige Lesen eines Notentextes geprüft, wobei die zeitlichen Abweichungen registriert werden.

Das Experiment

Das Experiment wurde mit 40 professionellen Musikern (Dirigenten und Pianisten) durchgeführt. Die Probanden mußten Klavierstücke mehrere Male lesen und mehrere Male spielen, und es wurde registriert, wie lange sie dafür jeweils benötigten. Im einzelnen sah das so aus: Jeweils 20 Musiker spielten 4mal ein langsames, ihnen bekanntes Stück und 4mal ein langsames unbekanntes Stück (langsam/bekannt: Robert Schumann, »Träumerei«; langsam/unbekannt: Wolfgang Fortner, Kammermusik für Klavier, 4. Satz). Diese beiden Stücke wurden ebenso oft gelesen. Dazu wurden die Musiker aufgefordert mit den Worten: »Lesen Sie bitte die Noten des Stückes genauso, als ob Sie das Stück spielen würden.« Die Reihenfolge der 4 x 4 Bedingungen - Spielen vs Lesen; langsames bekanntes Stück vs langsames unbekanntes Stück - wurde nach Zufall bestimmt. Sowohl beim Spielen als auch beim Lesen ermittelte ich die halbe und die gesamte Dauer des Stückes mit einer Stoppuhr (beim Lesen gab der Proband ein Zeichen, wenn er die Hälfte und das Ende des Stückes erreicht hatte). Die anderen 20 Musiker hatten dasselbe zu tun, nur mit schnellen Klavierstücken (schnell/bekannt: J.S. Bach, WK 1, Präludium 1; schnell/unbekannt: Steffen Heller,

op. 79 Nr. 5). In einem weiteren Teil des Experiments bekamen alle Probanden eine Stoppuhr, die sie nicht ablesen konnten, und sie wurden gebeten, die Uhr zu starten und dann wieder zu stoppen, wenn sie meinten, daß 60 Sekunden verstrichen seien. Dies wurde auch mit einem Intervall von 120 Sekunden durchgeführt. Beide Schätzungen erfolgten zweimal, so daß vier Zeitschätzungen pro Person vorlagen. Schema des Designs:

	Spielen				Lesen			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Bekannt (schnell & langsam)								
Unbekannt (schnell & langsam)								

Auswertung und Ergebnisse:

a) Zeitschwankungen beim Spielen und Lesen

Um ein Maß zu finden, das die zeitliche Abweichung des mehrmaligen Spielens und die des mehrmaligen Lesens beschrieb, wurde aus Gründen, die hier nicht weiter erläutert werden können, der Variationskoeffizient gewählt. Er wurde aus den vier Zeitmessungen jeder Bedingung gebildet nach der Formel:

$$V = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1} \cdot \frac{1}{\bar{x}}$$

\bar{X} = Mittelwert der vier Messungen; X_i = Eine der vier Messungen; $n = 4$

- | | | |
|----------------------|-----------|------------------------|
| 1. Bekanntes Stück | - spielen | - erste Zeitmessung* |
| 2. " " | - " | - zweite Zeitmessung** |
| 3. " " | - lesen | - erste Zeitmessung* |
| 4. " " | - " | - zweite Zeitmessung** |
| 5. Unbekanntes Stück | - spielen | - erste Zeitmessung* |
| 6. " " | - " | - zweite Zeitmessung** |
| 7. " " | - lesen | - erste Zeitmessung* |
| 8. " " | - " | - zweite Zeitmessung** |

* = Dauer der ersten Hälfte des Stückes; ** = Dauer der zweiten Hälfte des Stückes.

Der Unterschied zwischen schnellen und langsamen Stücken wurde in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt.

b) Die Schätzung der Zeitintervalle von 60 und 120 Sekunden

Aus den beiden Schätzwerten für 60 Sekunden wurde jeweils der Absolutbetrag der Differenz aus der geschätzten Zeit minus 60 Sekunden gebildet. Beide Beträge wurden addiert und durch zwei dividiert:

$$G60 = (|T1 - 60| + |T2 - 60|) : 2$$

Entsprechendes geschah für die Schätzungen von 120 Sekunden. So wurden die Zeitintervalle von den Probanden geschätzt:

	Mittelwert	s	Minimum	Maximum	n
G60	5.52	3.17	.99	14.91	40
G120	15.68	11.14	1.06	61.19	39

G60 = Zeitabweichung 60 Sekunden; G120 = Zeitabweichung 120 Sekunden.

c) Zusammenhänge zwischen Zeitschätzung und der Genauigkeit von Spielen und Lesen.

Nun sollte überprüft werden, ob es für die Spiel- und Lesegenauigkeit der Musiker von Bedeutung ist, wie gut sie Zeitintervalle schätzen können. Aufgrund statistisch-methodischer Bedenken schien es nicht möglich, Einzelkorrelationen zwischen den beiden eben beschriebenen Zeitschätzungsmaßen und den acht Variationskoeffizienten zu rechnen. Vielmehr wurden die acht Variationskoeffizienten zunächst einer Faktorenanalyse unterzogen (Varimax-Rotation). Das Ergebnis in Form der rotierten Faktorenmatrix zeigt die Tabelle auf der folgenden Seite.

Auf Faktor 1 laden die Variablen, die die Genauigkeit der unbekannten Stücke beschreiben (VUHLES, VUVLES, VUHSPI, VUVSPI). Faktor 2 wird durch die Koeffizienten bestimmt, die die Genauigkeit beim Spielen der bekannten Stücke beschreiben (VBHSPI, VBVSPI). Faktor 3 beschreibt die Genauigkeit beim Lesen der bekannten (VBHLES, VBVLES) Stücke.

Anstelle der ursprünglichen acht Variablen wird jetzt mit den drei Faktorscores weitergerechnet, die aus der Analyse gewonnen wurden. Diese

drei Variablen, die untereinander nicht korrelieren, beschreiben im einzelnen:

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
VBHLES	.04523	.03235	.97028
VBVLES	.21323	.09463	.94808
VUHLES	.86343	-.09933	.01699
VUVLES	.87524	-.03718	.05435
VHBSPI	.08863	.95511	.07324
VBVSPI	.07503	.95699	.04365
VUHSPI	.73619	.32944	.24234
VUVSPI	.79505	.27970	.15428
Varianzaufklärung	42,2%	22,0%	19,8%

Abkürzungen: 1. Spalte: V = Variationskoeffizient; 2. Spalte: B = bekannt; U = unbekannt; 3. Spalte: H = Messung erste Hälfte, V = Messung am Ende; 4. - 6. Spalte: SPI = spielen; LES = lesen

Faktorscore 1: Genauigkeit beim Lesen und Spielen der unbekannten Stücke

Faktorscore 2: Genauigkeit beim Spielen der bekannten Stücke

Faktorscore 3: Genauigkeit beim Lesen der bekannten Stücke

Um nun die Zusammenhänge zwischen diesen Variablen und den Variablen, die die Fähigkeit beschreiben, Zeitintervalle zu schätzen, zu untersuchen, fanden zwei multiple Regressionen Verwendung. Als abhängige Variablen dienten jeweils die Schätzungen von 60 und 120 Sekunden und als unabhängige Variablen die drei Faktorscores. (Eine kanonische Korrelation kam aus methodischen Gründen nicht in Frage, denn die Zeitschätzungen waren untereinander abhängig, damit hätten sich Suppressioneffekte ergeben).

Die erste Regression wurde mit der 60 Sekunden-Schätzung gerechnet (Aufnahme der Variablen en bloc):

Multiple R	.47164
R Square	.22245
Adjusted R Square	.15765
Standard Error	2.91173

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
Faktorscore3	1.461205	.466250	.460581	3.134	.0034
Faktorscore2	.252957	.466250	.079734	.543	.5908
Faktorscore1	-.199475	.466250	-.062876	-.428	.6713
(Constant)	5.524000	.460385		11.999	.0000

Nur Faktorscore 3 war an der Regression beteiligt. Dieses Ergebnis ($R = .472$) besagt inhaltlich, daß ein deutlicher Zusammenhang besteht zwischen der Fähigkeit, ein leeres Zeitintervall von einer Minute zu schätzen und der Genauigkeit, mit der die bekannten Stücke gelesen werden. Erklärt werden 22 % der Varianz.

Die zweite Regression verwendet als abhängige Variable die 120 Sekunden-Schätzung.

Multiple R	.33215
R Square	.11032
Adjusted R Square	.03406
Standard Error	10.94493

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
Faktorscore3	-.652908	1.768317	-.058893	-.369	.7142
Faktorscore1	3.611614	1.768624	.325714	2.042	.0487
Faktorscore2	.201670	1.780851	.018065	.113	.9105
(Constant)	15.614761	1.754101		8.902	.0000

Signifikant ist nur Faktorscore 1. Die Fähigkeit, ein zweiminütiges Zeitintervall zu schätzen, steht in einem Zusammenhang ($R = .33$) mit der Fähigkeit, ein unbekanntes Musikstück mehrere Male hintereinander mit möglichst geringen zeitlichen Abweichungen zu lesen und zu spielen. Dieser Zusammenhang erklärt allerdings nur 11 % der gemeinsamen Varianz.

Schlußfolgerungen

Es konnte gezeigt werden, daß es einen Zusammenhang gibt zwischen der Fähigkeit, ein Zeitintervall von einer und von zwei Minuten zu schätzen und der Fähigkeit, ein Musikstück mehrere Male mit geringen zeitlichen Abweichungen zu lesen. Dieser Zusammenhang betrifft bekannte und unbekannte Stücke. Eine Korrelation zum genauen Spielen zeigt sich nur bei den unbekannten Stücken. Ein gutes allgemeines Zeitschätzungsvermögen spielt nicht die Hauptrolle unter den Faktoren, die es dem Musiker ermöglichen, Musik zeitlich genau intern zu repräsentieren. Dennoch kann die Mitbeteiligung des allgemeinen Zeitschätzungsvermögens aufgrund dieser Untersuchung deutlich gezeigt werden. Die Ergebnisse könnten in folgender Weise erklärt werden:

In einer anderen Analyse ergab sich, daß das mehrmalige Spielen wesentlich genauer ist ($p = 0.01$) als das Lesen. Das zeitlich präzise Spielen eines bekannten Musikstückes ist eine bei Musikern in hohem Maße trainierte Fähigkeit. Die starke Ausprägung dieser Eigenschaft führt zu einer geringen interindividuellen Varianz, so daß sich beim Spielen der bekannten Stücke keine deutliche Korrelation zur allgemeinen Fähigkeit Zeitintervalle zu schätzen, mehr zeigen kann. Bei den unbekannten Stücken zeigen sich jedoch größere Unterschiede zwischen den Personen, und ähnlich wie beim Lesen ergibt sich eine Korrelation. Auch sind Musiker nicht gewöhnt, ein Stück mehrere Male hintereinander zu lesen. Wie die Zeitschätzung ist dies ein interner Prozeß. Nicht das spezielle motorische Training des Musikers, sondern sein ständiger Umgang mit zeitlich hoch differenzierten Strukturen verhelfen ihm zu einem besonders guten Zeitschätzungsvermögen. Im Gegensatz zu der naheliegenden Annahme, daß ein gutes Zeitschätzungsvermögen es einem Musiker ermöglicht, genaue Zeitabläufe bei der inneren Repräsentation von Musik zu generieren, könnte man behaupten, daß die hoch entwickelte Fähigkeit von Musikern, leere Zeitintervalle zu schätzen, auf ihrer musikalischen Übung beruht. Würde sich diese Vermutung als

richtig erweisen, so würde das Konzept der inneren Uhr, besonders im Hinblick auf Lernprozesse, erweitert werden müssen.

Summary

We could show that there is a correlation between the ability of estimating an interval of time (1 and 2 minutes) and the ability of reading a piece of music several times with a minimum of deviation of speed. This correlation concerns known and unknown pieces. The estimation of time does not seem to take the chief part in supplying the musician with a good imagination of music concerning the aspect of time (low rate of explained variance).

Literatur

- Allan, L. G., Kristofferson, A. B. & Wiens, E. W. (1971) - *Duration discrimination of brief light flashes*. Perception and Psychophysics, 9, 327-334.
- Creelman, C. D. (1962) - *Human Discrimination of Auditory Duration*. The Journal of the Acoustical Society of America, 34, 582-593.
- Ellis, M. (1991) - *Research note*. Psychology of Music 19/2.
- Gibbon, J., Church, R.M. & Meck, W.H. (1984) - *Scalar Timing in Memory*. In: J. Gibbon & L.G. Allan (Eds), *Timing and Time Perception*. New York: Academy of Sciences, 52-77.
- Hoagland, H. (1933) - *The Physiological Control of Judgements of Duration: Evidence for a Chemical Clock*. Journal of General Psychology, 9, 267-287.
- Rammsayer, Th. (1987) - *Pharmakologische Beeinflussung von Zeitwahrnehmung*. Regensburg.
- Shaffer, H. (1984) - *Timing in Musical Performance*. In: J. Gibbon & L.G. Allan (Eds). *Timing and Time Perception*. New York: Academy of Sciences, 420-428.
- Treisman, M. (1984) - *Temporal Rhythms and Cerebral Rhythms*. In: J. Gibbon & L.G. Allan (Eds). *Timing and Time Perception*. New York: Academy of Sciences, 542-565.
- Vorberg, D. & Hambuch, R., (1984) - *Timing of Two-Handed Rhythmic Performance*. In: J. Gibbon; L.G. Allan (Eds). *Timing and time perception*. New York: Academy of Sciences, 390-406.