

Die Verarbeitung musikalischer Stimuli im Arbeitsgedächtnis

Elke Beatriz Lange

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde ausgehend von dem Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley (1986) untersucht, wie musikalische Gedächtnisaufgaben verarbeitet werden. Dabei wurde die Frage aufgeworfen, inwiefern bei musikalischer Verarbeitung auch verbale oder visuell-räumliche Komponenten des Gedächtnisses beteiligt sein könnten, oder inwiefern es ein eigenes musikalisches Subsystem gibt. Experiment 1 und 2 lassen mehrere Schlüsse zu, die eigens experimentell zu untersuchen wären. Die musikalischen Aufgaben wurden durch die verbalen Sekundäraufgaben verhältnismäßig gering gestört, so daß die Störung eher durch die zusätzliche Belastung als durch verbale Interferenz zu erklären ist. Insofern scheint die Verarbeitung musikalischer Gedächtnisaufgaben im verbalen Subsystem fraglich. Die Beteiligung visuell-räumlicher Prozesse oder Strukturen an der Verarbeitung musikalischer Stimuli kann aufgrund der Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden. Jedoch konnte diese Frage nicht abschließend geklärt werden. Die Störanfälligkeit für Rhythmus- und Melodieaufgaben war hinsichtlich verbaler oder visuell-räumlicher Sekundäraufgaben gleich stark. Dies spricht nicht für eine getrennte Verarbeitung von Melodie und Rhythmus im Rahmen der zwei Subsysteme (verbal-auditiv, visuell-räumlich) des Arbeitsgedächtnismodells von Baddeley (1986), wäre aber kompatibel mit der Annahme musikalischer Subsysteme. Die Befunde werden in Zusammenhang mit musikpsychologischer Forschung zum Arbeitsgedächtnis diskutiert.

Abstract

This article reports two experiments regarding the nature of musical working memory. According to Baddeley (1986) there are two existing subsystems: a verbal-auditory and a visuo-spatial one. The question is whether musical working memory has its own subsystem or uses one of the two well examined subsystems. The experiments showed relatively little reduction of performance of a musical memory task when a verbal secondary task was added. This disruption was caused by task difficulty not by verbal interference. The participation of visuo-spatial processes or structures can not be excluded and requires further consideration. The analyses indicated that melody and rhythm are not separately processed regarding the two

subsystems, verbal and spatial. The degree of disruption of the melody task corresponded to that of the rhythm task. The resulting data was in agreement with the assumption of an independent musical subsystem. The findings are discussed in relation to other research in musical working memory.

1. Einleitung

Während es in der musikpsychologischen Forschung viele Untersuchungen dazu gibt, wie Musik strukturiert wird, und welchen Stellenwert diese Strukturierungsmechanismen für das Behalten von Musik haben, gibt es nur wenige Ansätze, die eine Verbindung zu Modellen und Problemstellungen der kognitiven Psychologie suchen. Die vorliegende Arbeit soll einen Versuch darstellen.

1.1 Das Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley (1986)

Der Begriff des Arbeitsgedächtnisses (working memory) wurde von Baddeley & Hitch (1974) geprägt und steht übergeordnet für ein System von Komponenten, die Informationen verfügbar halten und manipulieren können: der zentralen Exekutive (central executive), der artikulatorischen Schleife (articulatory loop) und dem räumlich-visuellen Notizblock (visuo-spatial sketchpad, VSSP).

Ein Großteil der Informationen aus der Umwelt gelangt zunächst in die zentrale Exekutive. Sie enkodiert das Material und überführt es in eines der beiden Subsysteme. Die zentrale Exekutive kann ebenfalls Informationen aus den Subsystemen abrufen oder von einem Subsystem in das andere übersetzen. Zudem ist sie zuständig für höhere kognitive Tätigkeiten wie Entscheiden, Schlußfolgern, Problemlösen etc. Daher kann man die zentrale Exekutive als Kontrollinstanz bezeichnen.

In den beiden Subsystemen wird die Information modalitätsspezifisch verarbeitet. Dies wurde von Brooks (1967, 1968) anhand von selektiver Interferenz belegt. Interferenzen zu erzeugen gehört zu den wichtigsten Untersuchungsmethoden, um verschiedene unabhängige Komponenten des Arbeitsgedächtnisses aufzufinden. Man nimmt dabei an, daß sich Aufgaben, die verschiedene Komponenten belasten, weniger stören als die doppelte Belastung einer Komponente. So konnte Brooks zeigen, daß sowohl die Darbietung (1967) als auch der Antwortmodus (1968) bei verbalen und visuell-räumlichen Gedächtnisaufgaben einen Einfluß auf die Leistung haben können. Die Leistung bei einer verbalen Vorstellungsaufgabe war schlechter, wenn sie verbal dargeboten wurde oder der Antwortmodus verbal war, als bei schriftlich-räumlicher Präsentation oder Abfrage. Umgekehrtes war bei räumlichen Vorstellungsaufgaben der Fall.

Die artikulatorische Schleife ist für verbal-auditives Material zuständig und wird beim Lesen, beim Spracherwerb, aber auch beim Zählen und bei arithmetischen Aufgaben in Anspruch genommen. Die artikulatorische Schleife umfaßt zwei Komponenten, nämlich einen passiven phonologischen Speicher und eine aktive artikulatorische Schleife. Der Speicher kann eine Gedächtnisspur von phonologisch enkodiertem Material für ca. zwei Sekunden aufrechterhalten (vgl. Baddeley & Logie 1992, S. 181). Soll Material länger erinnert werden, muß die artikulatorische Schleife mit Wiederholungsprozessen einsetzen, die die Gedächtnisspur aufrechterhalten. Baddeley, Thompson & Buchanan (1975) konnten zeigen, daß die Gedächtnisleistung für Wörter weniger von der Anzahl als von der zeitlichen Länge der Wörter abhängt. Wird eine Liste von fünf kurzen Wörtern gelernt, so wird diese besser erinnert als eine Liste von fünf langen Wörtern. Dies wird als Wortlängeneffekt bezeichnet und ist zurückzuführen auf die aktive artikulatorische Schleife, in der phonologisches Material beständig subvokal wiederholt wird. Ist die zu lernende Liste kürzer, so kann die Liste während eines Behaltensintervalls öfter wiederholt werden. Dadurch wird der Spurenerfall der Elemente gemindert. Der Wortlängeneffekt kann aufgehoben werden, indem man die Schleife mittels artikulatorischer Unterdrückung blockiert. Das Untersuchungsparadigma der artikulatorischen Unterdrückung beinhaltet die Artikulation von irrelevantem und wenig abwechslungsreichem, sprachlichem Material.

Während der Wortlängeneffekt die theoretische Annahme einer aktiven artikulatorischen Schleife empirisch unterstützt, ist der Ähnlichkeitseffekt ein Beleg für den phonologischen Speicher. Conrad (1964) konnte zeigen, daß die fehlerhaft wiedergegebenen Konsonanten bei einer zu lernenden Liste den eigentlich zu lernenden Konsonanten ähnlich waren. Phonologisch ähnliches Material wurde leichter verwechselt. Eine weitere Untersuchung von Conrad & Hull (1964) untermauerte diesen Befund, da Listen aus phonologisch ähnlichem Material (z. B. „BDGC“) schlechter wiedergegeben wurden als unähnliche Folgen (z. B. „XTSK“). Der Ähnlichkeitseffekt kann durch artikulatorische Unterdrückung jedoch nur bei visueller Darbietung der items aufgehoben werden, nicht bei auditiver Darbietung. Dies wird von Baddeley folgendermaßen erklärt (vgl. Baddeley 1986, S. 84 f.): Visuell präsentiertes Material gelangt nur dadurch in den phonologischen Speicher, daß es mittels der artikulatorischen Schleife enkodiert wird. Bei artikulatorischer Unterdrückung ist die artikulatorische Schleife blockiert, und das Material kann nicht in den Speicher gelangen. Daher bleibt der Ähnlichkeitseffekt aus, der dem Speicher zugeschrieben wird. Bei auditiver Darbietung hat das Material direkten Zugang zum Speicher, insofern hat eine Blockierung der Schleife durch artikulatorische Unterdrückung keinen Effekt. Der Ähnlichkeitseffekt und der Wortlängeneffekt sowie das Untersuchungsparadigma der artikulatorischen Unterdrückung stützen das Modell eines zweigeteilten verbal-auditiven Subsystems, das aus einem phonologischen Speicher und einer artikulatorischen Schleife besteht.

Das zweite Subsystem ist der räumlich-visuelle Notizblock. Ursprünglich wurde er als ein einheitliches System für räumliche und visuelle Informationen konzipiert, jedoch konnten Baddeley & Liebermann (1980) zeigen, daß rein visuelle Information (Helligkeiten, Farben, stationäre Bilder) von räumlicher (Bewegung) zu trennen ist. Die Autoren demonstrierten, daß eine visuell-räumliche Gedächtnisaufgabe durch die gleichzeitige Verfolgungsaufgabe eines bewegten Objekts mehr gestört wurde, als durch die Beurteilung von Helligkeiten. Logie & Marchetti (1991) versuchten in Analogie zu dem verbal-auditiven Subsystem auch hier einen passiven Speicher und eine aktive Prozeßkomponente zu belegen. Neuropsychologische Untersuchungen unterstützen diese Annahme (Smith & Jonides 1999).

1.2 Arbeitsgedächtnis und musikalische Informationen

Es stellt sich nun die Frage, welche Position musikalische Gedächtnisleistung im Rahmen dieses Modells einnehmen könnte. Da Musik ebenso wie Sprache zeitlich sequentiell erklingt, liegt eine Parallele zur Sprachverarbeitung nahe. Darüber hinaus werden mit Musik Kommunikationsprozesse verbunden, die durch unterschiedliche Verfahren, wie z.B. musiktheoretische Analyse, Hermeneutik, oder Semiotik erläutert werden können. Zum anderen wurde gerade Musik von den Gestalttheoretiker herangezogen, um die Figur-Grund-Trennung und andere Gestaltprinzipien zu erklären, die ansonsten vor allem zur Erläuterung visuell-räumlicher Wahrnehmung dienen. Das Wechselspiel verschiedener Stimmen in einem mehrstimmigen Satz hat durchaus eine räumliche Wirkung. Bezogen auf das Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley (1986) könnte Musik sowohl im verbal-auditiven als auch im visuell-räumlichen Subsystem verarbeitet werden. Obwohl die Verarbeitung in beiden Subsystemen denkbar wäre, könnte man ebenfalls annehmen, daß ein Subsystem überwiegt, oder es gar ein eigenes musikalisches Subsystem gibt. Darüber hinaus könnten Musiker aufgrund von Lernprozessen ein eigenes musikalisches Subsystem ausgebildet haben, während Nichtmusiker die vorhandenen verbalen und visuell-räumlichen Strukturen nutzen. Weitere theoretische Alternativen sind denkbar.

Vor einer Diskussion der Befundlage zum musikalischen Gedächtnis muß man darauf hinweisen, daß sich die Untersuchung von komplexer Musik als schwierig erweist. Soll komplexe Musik erinnert werden, so ist bei bekanntem Material nicht auszuschließen, daß zu einem erheblichem Anteil Wissen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen wird. Dazu kommen schlecht zu kontrollierende Störvariablen wie persönliche Erinnerung an das Musikstück oder Musik ähnlichen Stils, persönliche Präferenzen, spezielle Erlebnisse mit einer bestimmten Art von Musik u. a. Darüber hinaus muß von der Variierung einzelner Parameter komplexer Musik Abstand genommen werden, da Interaktionen nicht auszuschließen sind. Insofern

ist die Generierung sehr einfacher Klangbeispiele angebracht, wie z. B. isochrone Tonsequenzen oder Rhythmen ohne Tonhöhenvariabilität. Diese Vorgehensweise unterliegt dem Vorwurf der Abstraktion und Simplifizierung komplexer Ereignisse. Die Generalisierbarkeit auf tatsächliche Musik ist zu hinterfragen. Trotz dieser grundsätzlichen Bedenken kann man sich einem solch komplexen Phänomen wie Musik experimentell nur schwer anders nähern.

Baddeley & Logie gehen davon aus, daß sich das verbal-auditive Subsystem evolutionär aus einem eher generellen Klanggedächtnis und -verarbeitungssystem entwickelt haben könnte, und insofern Klang und Sprache gemeinsame Verarbeitungsstrukturen teilen (vgl. Baddeley & Logie 1992, S. 189). So konnte gezeigt werden, daß irrelevante Musik die Gedächtnisleistung visuell präsentierter Zahlenreihen negativ beeinträchtigte. Hierbei störte Vokalmusik stärker als Instrumentalmusik (Salamé & Baddeley 1989). Eine differenziertere Untersuchung stammt von Logie & Edworthy (1986). Die Autoren untersuchten das Gedächtnis für einzelne Tonhöhen und Tonsequenzen, die jeweils paarweise miteinander verglichen werden mußten. Parallel dazu mußten die Vpn zwei verschiedene Aufgaben bewältigen. Die erste Aufgabe beinhaltete artikulatorische Unterdrückung. Bei der zweiten Aufgabe mußten sie Wörter mit Homophonen vergleichen. Letzteres wird vorrangig den Strukturen des phonologischen Speichers zugeschrieben, ersteres der artikulatorischen Schleife (Baddeley & Lewis 1981). Beim Tonhöhenvergleich störten nur die Homophonvergleiche, während bei Aufgaben mit Tonsequenzen sowohl die artikulatorische Unterdrückung als auch die Homophonvergleiche störten. Insofern scheinen beim Gedächtnis für einzelne Tonhöhen nur der Speicher und nicht die Artikulationsprozesse beteiligt zu sein, beim Gedächtnis für Tonsequenzen beides.

Eine Untersuchung von Hespos (1989) zum Klangfarbengedächtnis, über die bei Smith, Reisberg & Wilson (1992) berichtet wird, stützt den Zusammenhang von verbaler und klanglicher Verarbeitung. Hespos replizierte zunächst einen Befund von Crowder (1989). Hierbei mußten sich die Vpn einen auditiv gegebenen Sinuston in einer bestimmten Klangfarbe vorstellen. Anschließend erklang ein Ton, der mit dem Stimulus hinsichtlich der Tonhöhe verglichen werden mußte. Entsprachen sich die Klangfarben, so wurden die Aufgaben sicherer und schneller gelöst. Hespos (1989, zit. nach Smith, Reisberg & Wilson 1992, S. 102 ff.) zeigte, daß dieser Effekt durch irrelevantes, sprachliches Material aufgehoben wurde, nicht jedoch durch zusätzliche artikulatorische Unterdrückung. Es zeigte sich demnach eine Beteiligung des phonologischen Speichers an der Klangfarbenerinnerung, nicht aber der artikulatorischen Prozesse.

Auch im Bereich der Rhythmusforschung gibt es Befunde, die die These gemeinsamer Strukturen stützen. Grube et al. (1999) konnten nachweisen, daß bei der Reproduktion von Rhythmen artikulatorische Unterdrückung mehr störte als eine vergleichbare Kontrollaufgabe. Bei einer Untersuchung von Klatte et al. (1995) störte rhythmisiertes Rauschen während

einer visuell dargebotenen verbalen Gedächtnisaufgabe mehr als kontinuierliches Rauschen oder Stille während der Aufgabe.

Auf der anderen Seite postulierte Deutsch (1970) anhand ihrer Untersuchungen ein separates Tonhöhengedächtnis. Der Vergleich zweier Tonhöhen, zwischen deren Darbietung Zahlen dargeboten wurden, war nicht schlechter als bei einem stillen Interstimulusintervall, auch dann nicht, wenn die Zahlen erinnert wurden. Sie variierte also die Blockierung des Speichers oder des Speichers und der Prozeßkomponente und kam zu keinem negativen Ergebnis. Wurden hingegen im Interstimulusintervall Tonsequenzen dargeboten, störte dies die Gedächtnisaufgabe, wobei es in besonderem Maße zu einer Störung kam, wenn sich der zweite Ton einer sechstönigen Interstimulussequenz um einen $\frac{2}{3}$ -Ton vom Stimuluston unterschied, was von Deutsch & Feroe (1975) mit lateraler Hemmung erklärt wurde. Dies würde eine unterschiedlich starke Störung bei Musikern und Nichtmusikern jedoch ausschließen, da laterale Hemmung physiologisch begründet ist. Pechmann & Mohr (1992) verwendeten den Untersuchungsaufbau von Deutsch (1970), um ihre Befunde zu replizieren und zu erweitern. Sie verwendeten im Interstimulusmaterial außer Tonsequenzen visuell-räumliche oder verbale Stimuli, die entweder ignoriert oder verglichen werden sollten, wobei dies einen Unterschied der Aufmerksamkeitszuwendung bedeutet. Es zeigten sich zwei Arten von Interferenzen. Tonsequenzen störten sowohl die Musiker als auch die Nichtmusiker erheblich. Bei den anderen Aufgaben wurden nur die Nichtmusiker gestört, jedoch nicht so stark wie bei den Tonsequenzen. Die Musiker hatten ein besser ausgebildetes Tonhöhengedächtnis. Pechmann & Mohr (1992, S. 319) sprechen hier von einer „tonal loop“ in Analogie zu der artikulatorischen Schleife. Musiker benötigten nicht viel Aufmerksamkeit bei der Betätigung der tonal loop und konnten die Aufmerksamkeit auf weitere Sekundäraufgaben richten. Nichtmusiker mußten ihre Aufmerksamkeit für Haupt- und Nebenaufgabe teilen, insofern kam es selbst bei visuellen Aufgaben (mit Aufmerksamkeitsbelastung) zu Leistungseinbußen.

Pechmann (1995) konnte bei weiteren Untersuchungen mit dem gleichen Untersuchungsparadigma nachweisen, daß es hochbegabte Musiker gibt, die sich auch von Tonsequenzen im Interstimulusintervall eines Tonhöhenvergleichs nicht stören lassen. Diese Interferenz ist also nicht auf laterale Hemmung zurückzuführen, wie Deutsch (1975) annahm. Ein weiterer interessanter Befund stammt von Halpern & Bower (1982). Ihre Daten wiesen darauf hin, daß Nichtmusiker eine visuell präsentierte Melodie eher nach visuellen Gesichtspunkten gruppieren, Musiker jedoch nach musikalischen Prinzipien. Dennoch können diese Ergebnisse nicht Klarheit darüber verschaffen, ob Musiker ein eigenes Tonhöhen-system entwickelt haben, oder ob alle Menschen über ein solches System verfügen, das je nach Training verschieden gut ausgebildet ist (vgl. Pechmann 1995).

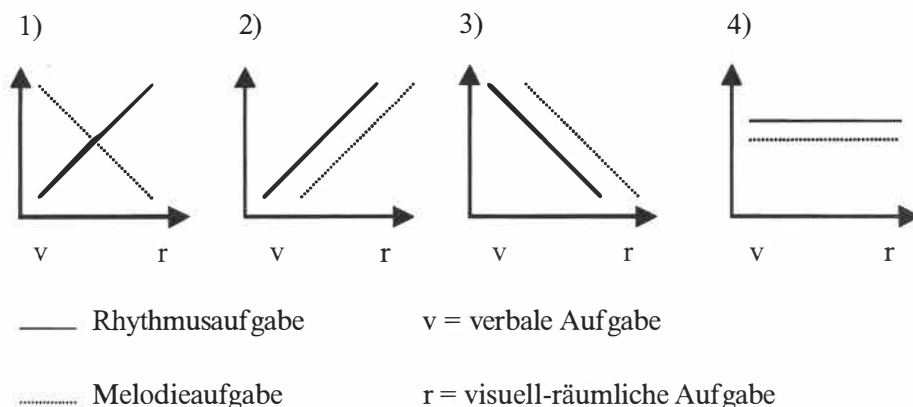
Betrachtet man Untersuchungen zur Strukturierung von Tonsequenzen, zeigt sich, daß die Kontur eine wesentliche Rolle spielt (Dowling & Fujitani 1971, Dowling 1978, Idson & Massaro 1978, Edworthy 1983). In Ana-

logie zur üblichen Notation und der Beschreibung von „aufwärts- und abwärtsgerichteter“ Bewegung könnte man daher auch die Beteiligung von räumlichen Strukturen beim Gedächtnis für Tonsequenzen annehmen.

2. Experiment 1

Es wurde ein Experiment geplant, bei dem die Gedächtnisleistung von Musikern und Nichtmusikern hinsichtlich der Beteiligung visuell-räumlicher oder verbaler Gedächtniskomponenten verglichen wurde. Die Vpn mußten in den Primäraufgaben Tonsequenzen oder Rhythmussequenzen miteinander vergleichen. In dem Interstimulusintervall mußten entweder verbale oder visuell-räumliche Gedächtnisaufgaben gelöst werden. Die Annahme bestand darin, daß sich Musiker und Nichtmusiker hinsichtlich der Leistung bei den Primäraufgaben unterscheiden sollten. Ausgehend von der neuropsychologischen Befundlage, die größtenteils eine hemisphärenasymmetrische Verarbeitung stützen, sollten die Rhythmus- und Tonsequenzaufgaben von den Sekundäraufgaben unterschiedlich gestört werden. So werden Tonhöhe und räumliche Aufgaben eher rechtshemisphärisch verarbeitet, Rhythmus und verbale Aufgaben eher linkshemisphärisch (Kimura 1964, Shankweiler 1966, Bogen & Gordon 1971, Samson & Zatorre 1991, Samson & Zatorre 1992, Peretz & Kolinsky 1993, Halpern & Zatorre 1999). Obwohl die neuropsychologische Befundlage bei Musikern nach wie vor kontrovers diskutiert wird, wurde die Hypothese aufgestellt, daß allgemein die verbalen Aufgaben das Rhythmusgedächtnis stärker stören würden und die visuell-räumlichen das Gedächtnis für Tonsequenzen. Dies würde bedeuten, daß bei rhythmischen Gedächtnisaufgaben verbale, während bei melodischen Gedächtnisaufgaben räumliche Strukturen oder Prozesse beteiligt sind. Die Befundlage zur Bedeutung der Kontur bei Tonsequenzen stützen letztere Annahme. Zur Verdeutlichung der anhand des Untersuchungsdesigns möglichen Effekte dient Abbildung 1. Auf der Abszisse ist jeweils die Art der Sekundäraufgabe (verbal oder visuell-räumlich) abgetragen, und die Ordinate gibt die Höhe der Leistung bei den Primäraufgaben schematisch an. Abbildung 1.1 stellt die hypothesenkonforme Interaktion dar. Die verbalen Aufgaben stören die Rhythmusaufgaben und die visuell-räumlichen die Melodieaufgaben. Abbildung 1.2 zeigt eine gleichgeartete Interferenz durch die verbalen Aufgaben, während bei Abbildung 1.3 die Interferenz visuell-räumlicher Natur ist. Die Beeinträchtigung in Abbildung 1.4 weist keine spezielle Form auf, was entweder durch eine fehlende Interferenz oder eine gleichmäßige Störung der Primäraufgaben durch die Sekundäraufgaben erklärt werden kann.

Um das Schwierigkeitsniveau der Aufgabentypen anzugleichen, wurde ein Vorversuch durchgeführt. Mangels Zeit und einer ausreichenden Anzahl von Versuchspersonen handelte es sich hierbei nicht um ein Experiment. Vielmehr wurden die Aufgaben des Experiments in Diskussion mit

**Abb. 1:**

Schematische Darstellung der Effekte

den Vpn des Vorversuchs entwickelt. Es handelte sich dabei um sechs Personen, die zufällig aus der Gruppe der Vpn ausgewählt wurden und in Einzelsitzungen befragt wurden. Vier Vpn waren musikalisch nicht vorgebildet, davon waren zwei männlich und zwei weiblich. Die Gruppe der Musiker bestand aus einer weiblichen und einer männlichen Vp. Bei dem Vorversuch wurden einzelne Komponenten des experimentellen Designs variiert, wie z.B. die Länge der Aufgaben und die Geschwindigkeit der Darbietung. Die Diskussion führte zu dem Versuchsaufbau des geplanten Experiments, den die Vpn des Vorversuchs übereinstimmend als sinnvoll und ausgewogen empfanden.

2.1 Methode

2.1.1 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen insgesamt 54 Studenten teil. Die Musikergruppe bestand aus 25 Studenten einer Musikhochschule (Musikhochschule Hanns Eisler Berlin, Hochschule der Künste Berlin) und zwei Berufsmusikern. Davon waren 17 Vpn männlich und 10 weiblich. Das Alter war durchschnittlich 23,8 Jahre. Die Gruppe der Nichtmusiker bestand aus 25 Studenten der TU-Berlin und zwei Berufstätigen. Davon waren 16 Vpn männlich und 11 weiblich. Das mittlere Alter betrug 25 Jahre. Insgesamt zwei Vpn der Musikergruppe hatten absolutes Gehör. Da sich post hoc kein Unterschied der Absoluthörer zu den übrigen Vpn herausstellte, wurden sie nicht von der Datenerhebung ausgeschlossen. Jede Vpn nahm an einem einstündigen Experiment teil, das an sechs verschiedenen Terminen im Juli 1999 angeboten wurde. Es handelte sich dabei um Gruppenversuche mit 7–12 Vpn.

2.1.2 Stimulusmaterial

Die Vpn hörten eine CD der Länge von 22,40 min an. Diese CD wurde auf einem Apple-Macintosh mittels des Musikprogramms „toast“ produziert. Es waren vier verschiedene Aufgaben zu hören. Die musikalischen Sequenzen waren dem Musikalitätstest von Carl Seashore (deutsche Fassung von Butsch & Fischer 1966) entnommen oder in Anlehnung daran neu generiert. Die verbalen und visuell-räumlichen Aufgaben gehen auf Brooks (1967) zurück.

- A) *Melodieaufgaben*: Die Vpn hörten isochrone Tonsequenzen. Jede Sequenz wurde zunächst dreimal wiederholt. Nach einem Interstimulusintervall erklang sie noch einmal, wobei ein Ton verändert war. Die Position des veränderten Tons mußte in einem Antwortbogen angekreuzt werden. Die Veränderung beeinträchtigte nicht die Kontur der Melodie. Innerhalb eines Blocks von acht Sequenzen variierte die Länge (2×3 Töne, 2×4 Töne, 2×5 Töne, 2×6 Töne). Es gab zwei nicht identische Blöcke. Das Tempo war MM: $\frac{1}{4} = 100$, d.h. ein Ton war 600 msec lang. Als Klangmaterial wurden Orgel-Samples aus der „emu standard library“ verwendet.
- B) *Rhythmusaufgaben*: Die Vpn hörten die Rhythmussequenz in der Induktionsphase nur einmal, was anhand eines Vorversuchs zur Annäherung des Schwierigkeitsniveaus indiziert war. Nach dem ISI wurde eine Vergleichssequenz dargeboten, die als identisch oder nicht klassifiziert und auf dem Antwortbogen entsprechend angekreuzt werden sollte. Die Länge der Sequenzen variierte ($2 \times 4\frac{1}{4}$, $4 \times 5\frac{1}{4}$, $2 \times 6\frac{1}{4}$). Das Tempo war MM: $\frac{1}{4} = 100$. Das Sample war der „emu standard library“ entnommen und war ein „side stick-Sample“ auf der Tonhöhe e'. Es gab zwei nicht identische Blöcke à 8 Sequenzen.
- C) *Visuell-räumliche Aufgaben*: Die Vpn mußten sich eine leere 4×4 Matrix vorstellen. Sie hörten Zahlen von 1–7, die sie in aufsteigender Reihenfolge in die Matrix einordnen sollten. Das Anfangskästchen war jeweils festgelegt (Position 2/2 in der Matrix) und erhielt immer die Zahl 1. Es folgten Anweisungen, wie z.B. „Ein Kästchen darunter setzte eine 2. Ein Kästchen rechts setzte eine 3“. Nach dem Hören des gesamten Pfades sollten die Vpn die Zahlen in eine schriftlich vorgegebene Matrix eintragen. Die verbal gestellten Aufgaben wurden via DAT-Recorder aufgenommen und auf die CD gebrannt. Ein Satz dauerte ca. 2–2,5 Sekunden. Ein Pfad bestand aus sieben Sätzen. Es gab 2×8 Pfade.
- D) *Verbale Aufgaben*: Die Richtungsangaben „darüber, darunter, rechts, links“ der visuell-räumlichen Aufgabe wurden durch „gut, schlecht, warm, kalt“ ersetzt, was zu unsinnigen Äußerungen führt, wie „ein Kästchen warm setze eine 2“. Die Sätze sollten unabhängig von einer Matrix verbal kodiert werden. Nach dem Hören der Sätze sollten die Vpn die Eigenschaftsworte in der richtigen Reihenfolge und mit dem

Anfangsbuchstaben abgekürzt aufschreiben. In Anlehnung an Logie et al. (1990) wurde die Anzahl der Sätze innerhalb einer Aufgabe bei der verbalen Bedingung auf fünf im Gegensatz zu den sieben Sätzen in der visuell-räumlichen Bedingung reduziert. Es gab 2×8 Satzsequenzen.

2.1.3 Prozedur

Die Primäraufgaben (Melodie oder Rhythmus) wurden mit den Sekundäraufgaben (verbal oder visuell-räumlich) kombiniert, so daß vier Kombinationsarten entstanden: Melodie- und verbale Aufgabe (Mv), Melodie- und visuell-räumliche Aufgabe (Mr), Rhythmus- und verbale Aufgabe (Rhv), Rhythmus- und visuell-räumliche Aufgabe (Rhr). Die Sekundäraufgaben mußten jeweils im Interstimulusintervall (ISI) gelöst werden. Jede Kombinationsart wurde blockweise geprüft. Ein Block beinhaltete acht Durchgänge. Da keine vollständige Variation aller Reihenfolgen ($4! = 24$) möglich war, wurde die Reihenfolge der Kombinationsblöcke in den sechs verschiedenen Sitzungen systematisch variiert, so daß jede Kombination mindestens einmal an jeder möglichen Position im Test stand. Die Einteilung der Vpn in die Versuchsgruppen erfolgte zufällig. Zur Beantwortung der verbalen und visuell-räumlichen Aufgaben hatten die Vpn 12 Sekunden Pause, der musikalischen Aufgaben 5 Sekunden. Der Versuch begann mit einer 20-minütigen Lernphase, in der den Vpn die vier Aufgabentypen (Melodie, Rhythmus, verbal, visuell-räumlich) erklärt wurden und je zwei Beispiele gelöst werden mußten. Das dazu ausgeteilte, separate Antwortblatt entsprach hinsichtlich des Layouts dem Antwortbogen des eigentlichen Experiments. Über Reihenfolge und Länge der Aufgaben wurden die Vpn informiert. Ein entsprechendes Tafelbild war während des Versuchs zur Orientierung sichtbar. Der kombinierte Versuchsaufbau wurde nicht geübt. Es wurde nicht von Primär- und Sekundäraufgaben gesprochen. Alle Aufgabentypen galten als gleich wichtig. Nach der Lernphase begann der eigentliche Versuch. Hierbei hörten die Vpn die 22,40-minütige CD ohne Unterbrechung über die Lautsprecher der im Untersuchungsraum befindlichen Stereoanlage. Im Anschluß an die Aufgaben füllten die Vpn einen Fragebogen aus, bei dem sie die Schwierigkeit der einzelnen Aufgaben (Melodie, Rhythmus, verbal, visuell-räumlich) und die Schwierigkeit der im Experiment verwendeten Aufgabenkombinationen (Mv, Mr, Rhv, Rhr) beurteilen sollten. Zudem sollten sie das Zutreffen der Versuchshypothesen einschätzen und über ihre Motivation Auskunft geben, indem sie ihren Spaß am Versuch beurteilten.

2.2 Ergebnisse

Es wurde eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit zwei Meßwiederholungsfaktoren (Primäraufgabe: Melodie vs. Rhythmus, Sekundäraufgabe: visuell-räumlich vs. verbal) und einem Gruppierungsfaktor (Musiker vs. Nichtmusiker) durchgeführt. Abhängige Variable war die Leistung in der Primäraufgabe. Für jede richtige Lösung gab es einen Punkt. Da es pro Aufgabenkombination acht Aufgaben gab, konnte jeweils ein Maximum von acht Punkten erreicht werden.

Der Gruppierungsfaktor erwies sich als hoch signifikant ($F_{(1,52)} = 16,89$, $p < 0,001$). Die Mittelwerte zeigten bessere Gedächtnisleistungen der Musiker. Der Haupteffekt Sekundäraufgabe wurde ebenfalls hoch signifikant ($F_{(1,52)} = 8,11$, $p < 0,01$). Die visuell-räumlichen Aufgaben bewirkten insgesamt eine schlechtere Leistung in der Primäraufgabe. Die Interaktion Gruppierungsfaktor \times Primäraufgabe wurde hoch signifikant ($F_{(1,52)} = 8,11$, $p < 0,01$). Es handelte sich um eine hybride Interaktion, d.h. der Gruppierungseffekt war global interpretierbar. Musiker erbrachten bessere Leistungen als Nichtmusiker. Doch innerhalb der Gruppen zeigte sich, daß die Musiker bei den Melodieaufgaben bessere Leistungen erbrachten als bei den Rhythmusaufgaben, während es bei den Nichtmusikern umgekehrt war. Der Vorteil der Musiker war demnach bei den Tonsequenzen besonders groß (vgl. auch Tab. 1).

Eine der Hypothese entsprechende Interaktion zwischen den Primäraufgaben und den Sekundäraufgaben blieb aus ($F_{(1,52)} = 2,38$, $p = 0,13$). Diese Interaktion hätte auch dann zustande kommen können, wenn die entsprechenden Aufgabenschwierigkeiten unterschiedlich gewesen wären. Hypothesenkonforme Interferenzen konnten demnach nicht erzeugt werden. Der visuell-räumliche Haupteffekt machte eine Überprüfung der Aufgaben notwendig. Waren alle Aufgaben gleich schwer, d.h. benötigten sie gleich viel Aufmerksamkeit oder Kapazität, dann würden die Ergebnisse dafür sprechen, daß bei rhythmischen und melodischen Gedächtnisaufgaben eher visuell-räumliche als verbale Strukturen beteiligt sind. Dies wäre ein konträrer Befund zu Pechmann & Mohr (1992), die ebenfalls visuell-räumliche und verbale Interstimulusaufgaben verwendeten. Er würde zudem den Ansätzen von Deutsch (1970) und Baddeley & Logie (1992) widersprechen. Deutsch (1970) geht von einem separaten Tonhöhengedächtnis aus, Baddeley & Logie (1992) nehmen eine Verarbeitung von Tonsequenzen im verbalen Subsystem an. Aus den im Experiment erhobenen Daten konnte keine Aussage über die Aufgabenschwierigkeit und demnach keine Aussage über die Ursachen der stärkeren Störung visuell-räumlicher Aufgaben bei musikalischen Gedächtnisaufgaben gemacht werden, da die Aufgaben nur in kombinierter Form dargeboten wurden. Jedoch war die subjektiv empfundene Schwierigkeit erhoben worden. Bei einer dreifaktoriellen Varianzanalyse (Primäraufgabe: Melodie vs. Rhythmus, Sekundäraufgabe: verbal vs. visuell-räumlich, Gruppierungsfaktor: Musiker vs. Nichtmusiker) mit der subjektiv empfundenen

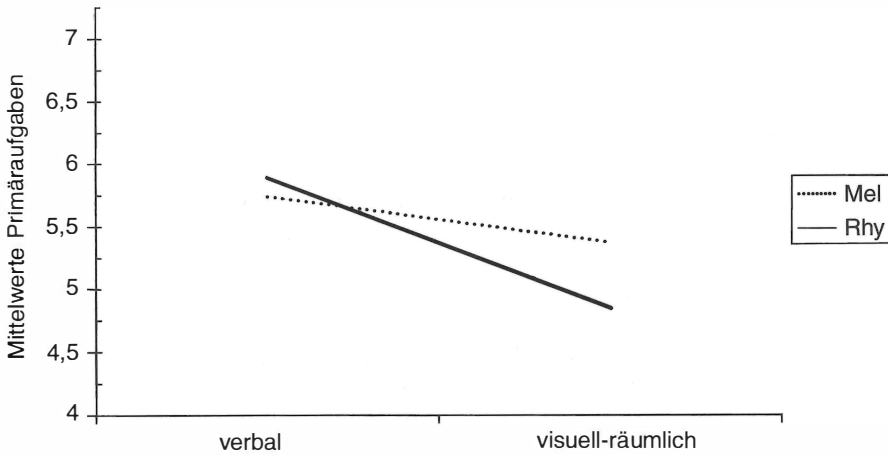


Abb. 2a:
Mittelwerte der Musiker

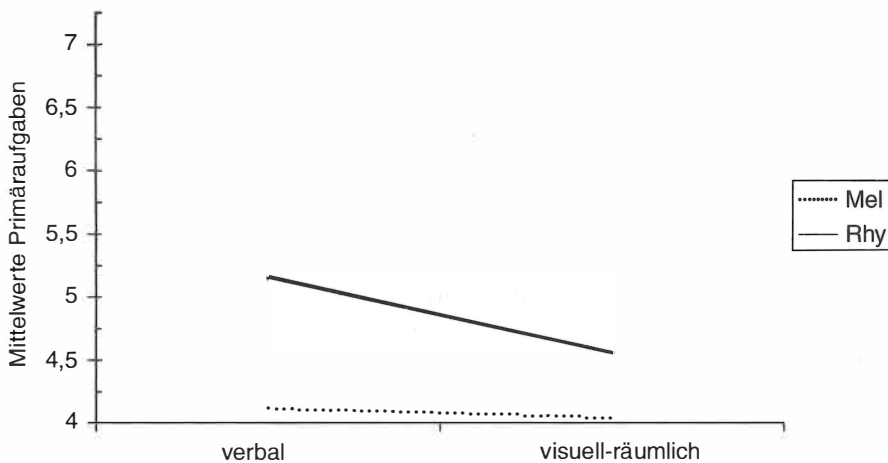


Abb. 2b:
Mittelwerte der Nichtmusiker

Schwierigkeit (von minimal 1 bis maximal 5) als abhängige Variable wurde einzig der Faktor Sekundäraufgabe signifikant ($F_{(1,52)} = 10,18$, $p < 0,01$). Die Mittelwerte der subjektiv empfundenen Schwierigkeit der Aufgabenkombinationen ($M_r = 3,72$; $M_v = 3,37$; $R_r = 3,94$; $R_v = 3,54$) zeigten, daß die räumliche Sekundäraufgabe im ISI zu einer höheren subjektiv empfundenen Schwierigkeit führte. Eine entsprechende Kovarianzanalyse mit der Leistung bei den Primäraufgaben als abhängige Variable und der subjektiv empfundenen Schwierigkeit als Kovariate beeinträchtigte die Ef-

fekte, die ohne Kovariate gefunden waren, nicht. Die Kovariate wurde nicht signifikant. Jedoch ist dieses subjektive Maß kein Ersatz für ein objektives, das nur durch separate Messung der Leistung in jeder Aufgabe gegeben wäre. Auch kann man die Anzahl der richtigen Lösungen im Sekundärtest nicht zur Klärung der Frage nach der unterschiedlichen Schwierigkeit heranziehen, da bei einer entsprechenden Interferenz nicht nur die visuell-räumliche Aufgabe eine negative Wirkung auf die musikalischen Aufgaben gehabt hätte, sondern auch umgekehrt. Daher wurde ein weiteres Experiment durchgeführt.

Festzuhalten bleibt, daß die räumlichen Sekundäraufgaben zu einer Leistungsminderung bei den Primäraufgaben führten. Dies kann auf Interferenz und eine zusätzlich hohe Belastung der Aufmerksamkeit zurückzuführen sein. Im Vergleich dazu war die Leistungsminderung durch verbale Störaufgaben im großen Ganzen geringer.

3. Experiment 2

Um die Aufgabenschwierigkeiten zu überprüfen, wurde das Experiment 1 wiederholt, jedoch ohne die Aufgaben zu kombinieren.

3.1 Methode

3.1.1 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 12 Musikwissenschaftsstudenten der TU-Berlin teil. Sie hatten durchschnittlich 8,9 Jahre Instrumentalerfahrung (Range 0–20 Jahre). Das Durchschnittsalter betrug 23,8 Jahre. Eine Vpn hatte absolutes Gehör. Es handelte sich um 4 männliche und 8 weibliche Vpn. Jede Vpn nahm an einem einstündigen Experiment teil, das an zwei Terminen im Juni 2000 angeboten wurde. Es waren Gruppenversuche mit 3 und 9 Versuchspersonen.

3.1.2 Stimulusmaterial

Das Stimulusmaterial entsprach dem des ersten Experimentes. Jedoch blieb bei den musikalischen Aufgaben das gesamte Interstimulusintervall still, dauerte aber genauso lang wie bei Experiment 1, d.h. die Störaufgaben wurden durch Stille ersetzt. Bei den visuell-räumlichen und verbalen Aufgaben hörten die Vpn nur den entsprechenden Ausschnitt aus Experiment 1, d.h. die musikalischen Aufgaben wurden aus den vorhandenen Klangbeispielen herausgeschnitten. Die CD hatte die Länge von 38,24 Minuten.

3.1.3 Prozedur

Die Versuchspersonen hörten vier verschiedene Aufgabentypen: Melodie, Rhythmus, visuell-räumlich, verbal. Es gab pro Aufgabentyp 2 Blöcke à 8 Aufgaben, die in zufälliger Reihenfolge dargeboten wurden. Bei den zwei Sitzungen war die Reihenfolge unterschiedlich. Nach einer 20-minütigen Lernphase, die dem Experiment 1 glich, hörten die Vpn die 38,24-minütige CD mit einer 5-minütigen Unterbrechung in der Mitte über die Lautsprecher der im Raum befindlichen Stereoanlage an. Es handelte sich um denselben Untersuchungsraum wie in Experiment 1. Anschließend füllten die Vpn den gleichen Fragebogen aus wie in Experiment 1.

3.2. Ergebnisse

Es wurde eine Varianzanalyse mit Meßwiederholung über alle vier Aufgabentypen gerechnet (Melodie, Rhythmus, visuell-räumlich, verbal). Die abhängige Variable war die Anzahl der richtig gelösten Aufgaben pro Kategorie. Da es je 16 Aufgaben gab (2×8 Aufgaben), konnte eine maximale Punktzahl von 16 erreicht werden. Der Faktor Aufgabentyp wurde signifikant, d. h. mindestens zwei Mittelwerte unterschieden sich ($F_{(3,33)} = 3,576$, $p < 0,05$). Bei den a priori Einzelvergleichen wurde kein Leistungsunterschied bei den musikalischen Aufgaben gefunden ($F_{(1,11)} = 1,098$, $p > 0,05$). Aber die Leistungen bei den visuell-räumlichen und verbalen Aufgaben unterschieden sich signifikant ($F_{(1,11)} = 10,796$, $p < 0,01$). Da die Vpn-Gruppe hinsichtlich der Verteilung der Geschlechter ungleich war, wurde

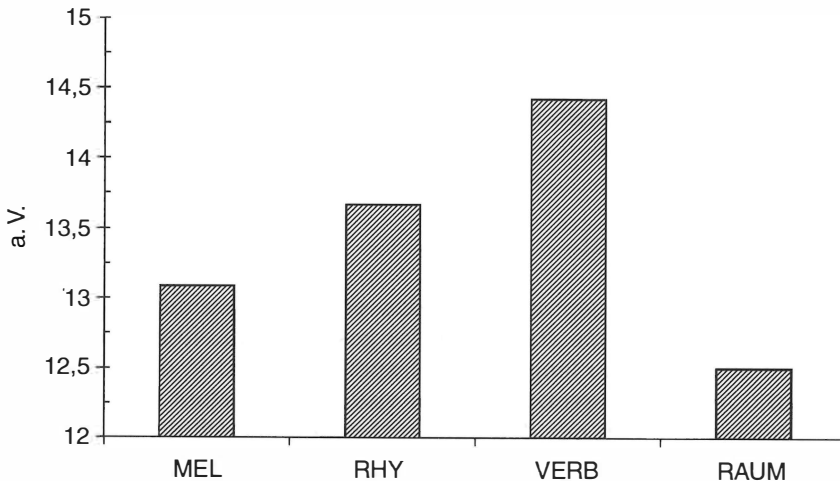


Abb. 3:
Mittelwerte der vier Aufgabentypen (Exp. 2)

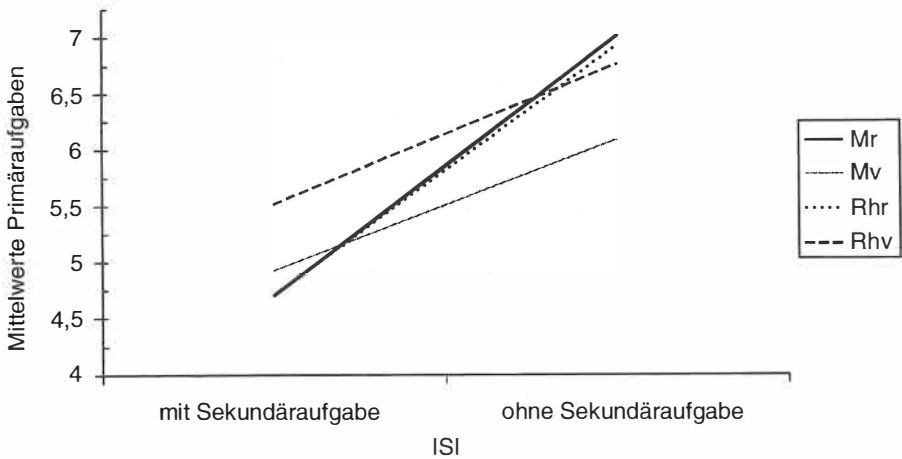
eine weitere Varianzanalyse durchgeführt, die nach dem Geschlecht gruppierte. Signifikanzen des Gruppierungsfaktors Geschlecht und der Interaktion zwischen Geschlecht und Aufgabentyp blieben aus. Der Schwierigkeitsunterschied der Aufgaben war demnach nicht auf geschlechtsspezifische Unterschiede zurückzuführen.

Nach diesen Ergebnissen waren die visuell-räumlichen schwerer als die verbalen Aufgaben. Dies hat sicherlich zu der Leistungsminderung bei den Primäraufgaben durch die visuell-räumlichen Sekundäraufgaben erheblich beigetragen. Dennoch kann über die Anteile von möglichen Interferenzen dadurch nichts ausgesagt werden.

4. Analyse der kombinierten Daten aus Experiment 1 und 2

Da der Versuchsaufbau von Experiment 1 und 2 gleich war, wurde eine Analyse mit Daten aus beiden Experimenten durchgeführt. Es wurden verschiedene Analysen berechnet: a) Vergleich der Musiker mit den Musikwissenschaftlern, b) Vergleich der Nichtmusiker mit den Musikwissenschaftlern, c) Vergleich der gesamten Gruppe der Musiker und Nichtmusiker mit den Musikwissenschaftlern. Da die Analysen im wesentlichen zu gleichen Ergebnissen hinsichtlich der signifikanten Effekte führten, wird hier nur Analyse c) näher ausgeführt.

Es wurde eine dreifaktorielle Varianzanalyse gerechnet mit zwei Meßwiederholungsfaktoren (Primäraufgabe: Melodie vs. Rhythmus, Sekundäraufgabe: verbal vs. visuell-räumlich) und einem Gruppierungsfaktor (ISI: mit oder ohne Sekundäraufgabe). Der Gruppierungsfaktor ISI wurde signifikant, was zum Ausdruck bringt, daß sich die Mittelwerte der musikalischen Gedächtnisaufgaben verschlechterten, wenn die Vpn durch eine zusätzliche Aufgabe (verbal oder visuell-räumlich) im Interstimulusintervall gestört wurden ($F_{(1,64)} = 32,533$, $p < 0,001$). Die Leistungen verschlechterten sich stärker bei den visuell-räumlichen als bei den verbalen Sekundäraufgaben, was die signifikante Interaktion Sekundäraufgabe \times ISI ($F_{(1,64)} = 7,013$, $p < 0,05$) und der Vergleich der Mittelwerte zeigten. Der Faktor Primäraufgabe wurde nicht signifikant, d.h. die melodischen Aufgaben wurden insgesamt genauso gut gelöst, wie die rhythmischen Aufgaben (bei Analyse b wurde der Faktor mit $F_{(1,37)} = 7,340$, $p < 0,05$ signifikant, was auf die besonders schlechten Leistungen der Nichtmusiker bei den melodischen Aufgaben zurückzuführen war). Der Haupteffekt Sekundäraufgabe wurde nicht signifikant. Die Aufgaben, die entweder verbal gestört waren oder nicht, unterschieden sich im Mittelwert nicht von den Aufgaben, die visuell-räumlich gestört waren oder nicht. Die Interaktion von Primäraufgabe \times Sekundäraufgabe wurde nicht signifikant. Dies ist zusammen gesehen mit der signifikanten Interaktion von Sekundäraufgabe \times ISI sehr interessant. Abbildung 4 verdeutlicht, daß die Stärke der visuell-räumlichen Störung unabhängig von der Art der musikalischen Aufgabe war. Gleiches gilt für die Stärke der verbalen Störung.

**Abb. 4:**

Mittelwerte von Exp. 1 und 2. Erläuterung: Mr = Melodie- und räumliche Sekundäraufgabe, Mv = Melodie und verbale Sekundäraufgabe, Rhr = Rhythmus- und räumliche Sekundäraufgabe, Rhv = Rhythmus- und verbale Sekundäraufgabe.

Die musikalischen Aufgaben unterschieden sich demnach nicht im Ausmaß ihrer Störanfälligkeit bei verbalen oder visuell-räumlichen Sekundäraufgaben. Man kann nicht davon ausgehen, daß sich Melodie und Rhythmus hinsichtlich der Beteiligung verbaler oder visuell-räumlicher Prozesse unterscheiden. Dies widerspricht allen Annahmen, die sich aus der Hemisphärenasymmetrie ableiten. Ob musikalische Aufgaben in einem eigenen Subsystem verarbeitet werden, ist aufgrund dieser Ergebnisse zwar nicht zu beantworten, aber sie wären damit kompatibel. Da die visuell-räumlichen Aufgaben schwerer waren als die verbalen (Exp. 2) und die visuell-räumlichen Aufgaben die musikalischen Aufgaben stärker störten als die verbalen Aufgaben (Exp. 1 und zusammengefaßte Daten), ist die Leistungsminderung der Primäraufgaben durch die visuell-räumlichen Aufgaben in Experiment 1 zum Teil auf die Aufgabenschwierigkeit zurückzuführen. Die Frage nach räumlicher Interferenz kann man auf der Grundlage der Experimente nicht beantworten. Betrachtet man die Mittelwerte (Abb. 4), so wird deutlich, daß die Störung der verbalen Aufgaben verhältnismäßig gering war. Dies ist erstaunlich, wenn man gemeinsame Gedächtniskomponenten bei verbalen und musikalischen Aufgaben annehmen würde. Die Leistung verschlechterte sich in den zusammengefaßten Daten nur um ca. einen Punkt bei acht möglichen Punkten. Aufgrund der Daten kann man daher nicht von verbaler Interferenz sprechen.

Tab. 1:
Mittelwerte der Primäraufgaben in Experiment 1 und 2

		Mr	Mv	Rhr	Rhv
Musikwissenschaftler (Exp. 2), d.h. ohne Sekundäraufgabe	Mittelwert	7,00	6,08	6,92	6,75
	N	12	12	12	12
	Standardabweichung	,95	1,00	,67	,87
Musiker (Exp. 1)	Mittelwert	5,37	5,74	4,85	5,89
	N	27	27	27	27
	Standardabweichung	1,36	1,10	1,59	1,42
Nichtmusiker (Exp. 1)	Mittelwert	4,04	4,11	4,56	5,15
	N	27	27	27	27
	Standardabweichung	1,32	1,74	1,72	1,32

Erläuterung: Mv = Melodie- und verbale Störaufgabe, Mr = Melodie- und visuell-räumliche Störaufgabe, Rhv = Rhythmus- und verbale Störaufgabe, Rr = Rhythmus- und visuell-räumliche Störaufgabe.

5. Zusammenfassung und Diskussion

Ausgehend von dem Gedächtnismodell von Baddeley (1986) wurden zwei Experimente durchgeführt, um der Frage nachzugehen, in welchem Subsystem musikalische Stimuli verarbeitet werden.

In Experiment 1 wurde die Wirkung von Sekundäraufgaben (verbal vs. visuell-räumlich) auf musikalische Primäraufgaben (Melodie, Rhythmus) untersucht. Die Sekundäraufgaben mußten im ISI der Primäraufgaben gelöst werden und führten zwar zu einer Leistungsminderung bei den Primäraufgaben, jedoch nicht in erwarteter Weise. Die aus neurologischen Befunden abgeleitete Hypothese, daß verbale Aufgaben die Rhythmusaufgaben und visuell-räumliche Aufgaben die Melodieaufgaben stören würden, muß verworfen werden. Jedoch zeigte sich eine stärkere Störung durch visuell-räumliche Aufgaben als durch verbale. Um dem nachzugehen, wurde ein zweites Experiment durchgeführt, bei dem die Aufgaben isoliert, also nicht in Kombination, dargeboten wurden. Dabei stellte sich heraus, daß die räumlichen Sekundäraufgaben schwieriger waren als die verbalen. Ein Teil der Leistungsminderung durch visuell-räumliche Aufgaben in Experiment 1 ist auf diese hohe Aufgabenschwierigkeit zurückzuführen. Die Frage, ob die Leistungsminderung bei visuell-räumlichen Sekundäraufgaben ausschließlich auf die Schwierigkeit oder auch auf Interferenzen zurückzuführen ist, kann anhand dieses Untersuchungsdesigns

nicht beantwortet werden. Weitere Untersuchungen sollten sich hieran anschließen mit der Hypothese, daß an der Verarbeitung musikalischer Stimuli räumliche Prozesse oder Strukturen des Arbeitsgedächtnisses beteiligt sind. Die Analyse mit kombinierten Daten aus den beiden Experimenten zeigte, daß die Störung der verbalen Sekundäraufgaben recht gering war (vgl. Abb. 4). Man könnte vermuten, daß bei Interferenzen, die auf gemeinsame Prozesse oder Strukturen zurückzuführen sind, eine gravierendere Störung auftreten sollte. Die generelle Einordnung musikalischer Gedächtnisleistungen in das verbal-auditive Subsystem ist fragwürdig. Dringend notwendig sind Untersuchungen, die Aufgaben verwenden, die hinsichtlich der Belastung und Aufmerksamkeitszuwendung vergleichbar sind. Zudem würden Untersuchungen mit Reaktionszeitmessungen möglicherweise zu differenzierteren Ergebnissen führen. Eine weitere Lösung innerhalb des experimentellen Designs wären individuell erhobene Gedächtnisspannen für die Tonsequenzaufgaben und für Interstimulusaufgaben anderer Modalitäten (z.B. bei Keller, Cowan & Sauls 1995), so daß individuelle Schwierigkeitsunterschiede bereinigt werden, indem jeder solche Aufgaben erhält, die seiner Kapazität entsprechen. Viele der bereits zitierten Befunde können nicht eindeutig belegen, in welchem Ausmaß Leistungseinbußen durch die Ähnlichkeit des Materials oder durch die Aufgabenschwierigkeit zustande gekommen sind. Eine Ausnahme ist die Untersuchung von Pechmann & Mohr (1992), die nachweisen konnten, daß sowohl das Stimulusmaterial (Sekundäraufgaben: Tonsequenzen), als auch die Aufmerksamkeitsbelastung (Sekundäraufgaben: visuelle Vergleichsaufgaben) entscheidend sein können.

Bei einem Vergleich der musikalischen Aufgaben gab es einen interessanten Befund: Die ausbleibende Interaktion zwischen der Art der musikalischen Aufgabe und der Art der Sekundäraufgabe (zusammengefaßte Daten aus Exp. 1 und 2) deutete an, daß Melodie und Rhythmus ähnlich verarbeitet wurden, zumindest hinsichtlich verbaler oder visuell-räumlicher Komponenten. Dies ist überraschend, betrachtet man Befunde zur Hemisphärenasymmetrie. Das Ergebnis wäre anhand einer weiteren Untersuchung mit entsprechender Hypothese zu überprüfen. Es wäre kompatibel mit der Annahme, daß generell ein separates musikalisches Subsystem für die Verarbeitung von Rhythmus und Melodie besteht und würde insofern den Annahmen von Deutsch (1970) entsprechen.

Musiker und Nichtmusiker (Exp. 1) erbrachten unterschiedliche Leistungen. Dies geht einher mit der Annahme, daß entweder Musiker ein eigenes oder ein besser ausgebildetes musikalisches Subsystem nutzen können.

Obwohl auch diese Untersuchung nicht zur Klärung der Strukturen des musikalischen Arbeitsgedächtnisses beitragen konnte, so sind anhand der Ergebnisse die Annahme der Verarbeitung von Musik im verbal-auditiven Subsystem in Frage zu stellen. Offen bleibt auch die Frage nach der Beteiligung visuell-räumlicher Prozesse oder Strukturen bei der Verarbeitung musikalischer Stimuli. Die Befunde unterstützen jedoch die Hypothese einer entsprechenden Beteiligung. Auf der anderen Seite sind sie mit der An-

nahme eines eigenen musikalischen Subsystems kompatibel. Ob ausschließlich Musiker ein eigenes musikalisches Subsystem nutzen oder ihres nur besser ausgebildet ist, bleibt weiterhin eine spannende Forschungsfrage.

Literatur

- Baddeley, Alan D. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Baddeley, Alan D. & Hitch, Graham (1974). Working memory. In: Gordon Bower (Ed.), *The Psychology of learning and motivation* (Vol. 8) (pp. 47–90). New York: Academic Press.
- Baddeley, Alan D. & Lewis, Vivien (1981). Inner active processes in reading: The inner voice, the inner ear and the inner eye. In: A. Lesgold & Ch. Perfetti (Eds.), *Interactive processes in reading* (pp. 107–129). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baddeley, Alan D. & Lieberman, K. (1980). Spatial working memory. In: R. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII* (pp. 521–539). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baddeley, Alan D. & Logie, Robert (1992). Auditory imagery and working memory. In: D. Reisberg (Ed.), *Auditory imagery* (pp. 179–197). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baddeley, Alan D.; Thompson, Neil & Buchanan, Mary (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 9, 176–189.
- Bogen, Joseph E. & Gordon, Harold W. (1971). Musical tests of functional lateralizations and cerebral dominance. *Nature*, 230, 524–525.
- Brooks, Lee R. (1967). The suppression of visualization by reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 289–299.
- Brooks, Lee R. (1968). Spatial and verbal components in the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, 22, 349–368.
- Butsch, Charles & Fischer, Hardi (1966). *Seashore-Test für musikalische Begabung*. Bern, Stuttgart: Huber.
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusion in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55, 75–84.
- Conrad, R. & Hull, A. J. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55, 429–432.
- Crowder, Robert G. (1989). Imagery for musical timbre. *Journal for Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 472–432.
- Deutsch, Diana (1970). Tones and numbers: Specificity of interference in short-term memory. *Science*, 168, 1604–1605.
- Deutsch, Diana & Feroe, John (1975). Disinhibition in pitch memory. *Perception & Psychophysics*, 17 (3), 320–324.
- Dowling, W. Jay (1978). Scale and contour: Two components of a theory of memory for melodies. *Psychological Review*, 85, 341–354.
- Dowling, W. Jay & Fujitani, Diane S. (1971). Contour, interval, and pitch recognition in memory for melodies. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49, 524–531.
- Edworthy, Judy (1983). Towards a pitch-contour continuum theory of memory for melodies. In: D. Rogers & J. A. Sloboda (Eds.), *Acquisition of symbolic skills* (pp. 263–271). New York: Plenum.

- Grube, Dietmar; Barth, Ulrike; Dorenborg, Mila; Galwas, Claudia; Wuttig, Daniela & Hasselhorn, Marcus (1999). Der Einfluß der phonetischen Schleife und des Vorwissens auf das Reproduzieren kurzer Rhythmen. In: E. Schröger, A. Mecklinger & A. Widmann (Hrsg.), *Beiträge zur 41. Tagung experimentell arbeitender Psychologen*. Leipzig 28.3.–1.4.1999. Berlin: Pabst Science Publishers, S. 171.
- Halpern, Andrea R. & Bower, Gordon H. (1982). Musical expertise and melodic structure in memory for musical notation. *American Journal of Psychology*, 95 (1), 31–50.
- Halpern, Andrea R. & Zatorre, Robert J. (1999). When that tune runs through your head: A PET investigation of auditory imagery for familiar melodies. *Cerebral Cortex*, 9 (7), 697–704.
- Hespos, Susan (1989). *The characteristics of pitch, timbre and loudness in auditory imagery*. Unpublished bachelor's thesis, Reed College, Portland, OR.
- Idson, Wendy L. & Massaro, Dominic W. (1978). A bidimensional model of pitch in the recognition of melodies. *Perception & Psychophysics*, 24, 551–565.
- Keller, Timothy A.; Cowan, Nelson & Saults, J. Scott (1995). Can auditory memory for tone pitch be rehearsed? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21 (3), 635–645.
- Kimura, Doreen (1964). Left-right differences in the perception of melodies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16, 355–358.
- Klatte, Maria; Kilcher, Horst & Hellbrück, Jürgen (1995). Wirkungen zeitlicher Struktur von Hintergrundschall auf das Arbeitsgedächtnis und ihre theoretischen und praktischen Implikationen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 42 (4), S. 517–544.
- Logie, Robert H. & Edworthy, Judy (1986). Shared mechanisms in the processing of verbal and musical material. In: D. G. Russel, D. F. Marks & J. Richardson (Eds.), *Imagery 2. Dunedin* (pp. 33–37). New Zealand: Human Performance Associates.
- Logie, Robert H. & Marchetti, Clelia (1991). Visuo-spatial working memory: Visual, spatial or central executive? In: R. H. Logie & M. Denis, (Eds.): *Mental images in human cognition* (pp. 105–115). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V.
- Logie, Robert H.; Zucco, Gesualdo M. & Baddeley, Alan D. (1990). Interference with visual short-term memory. *Acta Psychologica*, 75, 55–74.
- Pechman, Thomas (1995). Zum Einfluß harmonischer Strukturen auf die Tonhöhenrepräsentation. In: H. de la Motte-Haber & R. Kopiez (Hrsg.), *Der Hörer als Interpret (= Schriften zur Musikpsychologie und Musikästhetik, Band 7)*. Frankfurt a.M.: Peter Lang GmbH, S. 183–194.
- Pechman, Thomas & Mohr, Gilbert (1992). Interference in memory for tonal pitch: Implications for a working-memory model. *Memory & Cognition*, 20 (3), 314–320.
- Peretz, Isabelle & Kolinsky, Regine (1993). Boundaries of separability between melody and rhythm in music discrimination: A neuropsychological perspective. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A (2), 301–325.
- Salamé, Pierre & Baddeley, Alan D. (1989). Effects of background music on phonological short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 107–122.
- Samson, Severine & Zatorre, Robert J. (1991). Recognition memory for text and melody of songs after unilateral temporal lobe lesion: Evidence for dual enco-

- ding. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17 (4), 793–804.
- Samson, Severine & Zatorre, Robert J. (1992). Learning and retention of melodic and verbal information after unilateral temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, 30 (9), 815–826.
- Shankweiler, Donald (1966). Effects of temporal lobe damage on the perception of dichotically presented melodies. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 62, 115–119.
- Smith, J. David; Reisberg, Daniel & Wilson, Meg (1992). Subvocalization and auditory imagery: Interactions between the inner ear and inner voice. In: D. Reisberg (Ed.), *Auditory imagery* (pp. 95–119). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Smith, Edward E. & Jonides, John (1999). Storage and executive Processes in the frontal lobes. *Science*, 283, 1657–1661.