



SADT (spatial-auditory discrimination task): Konzeption einer räumlich-auditiven Nebenaufgabe

Technischer Bericht

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz Gemeinschaft
Institut für Verkehrssystemtechnik
Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig

Uwe Drewitz
Email: uwe.drewitz@dlr.de
Braunschweig, Juni 2018

English version below.

1. Einleitung

Fehlende Aufmerksamkeit für kritische Ereignisse im umgebenden Verkehr oder für relevante Aspekte der Umwelt, ist ein entscheidender Faktor für die Entstehung von Unfällen und Gefahrensituationen (vgl. Rumar 1990). Eine wesentliche Ursache fehlender Aufmerksamkeit ist die kapazitive Beschränkung der menschlichen Informationsverarbeitung. Gerade wenn die zur Verfügung stehenden mentalen Ressourcen des Fahrers durch die Verarbeitung der aktuellen Verkehrssituation bis zu ihrer Kapazitätsgrenze ausgelastet sind, kann eine Zunahme der Anforderungen durch die Verkehrssituation nicht angemessen kompensiert werden. Das Konzept des mentalen Workload (vgl. Wickens 2008) bildet diese Auslastung der kognitiven Ressourcen des Fahrers ab. Danach schränkt zunehmender mentaler Workload die Zuwendung von Aufmerksamkeit an zusätzliche neue Informationen ein. Dieser Mangel an Aufmerksamkeit durch erhöhten mentalen Workload kann sich auf den Aufbau einer adäquaten Situationsrepräsentation (vgl. Endsley 1995) der aktuellen Fahrsituation auswirken. Die Gestaltung von Kontrollübernahmeprozessen für hochautomatisierte Fahrzeuge muss diesen Umstand entsprechen berücksichtigen. Dem menschlichen Fahrer darf die Verantwortung und Fahrzeugkontrolle erst dann übergeben werden, wenn sein Situationsbewusstsein ausreichend ausgeprägt ist. Hierfür bedarf es jedoch detaillierter Kenntnisse darüber, welchen Einfluss verschiedene Faktoren der Verkehrssituation auf den mentalen Workload ausüben. Existierende Verfahren zur Messung des mentalen Workloads von Autofahrern (z.B. Peripheral Detection Task (PDT), Visual Detection Task, (VDT), Tactile Detection Task (TDT), N-Back-Task, Rückwärtszählen) dienen jedoch lediglich der Erfassung allgemeiner kognitiver bzw. zentralkognitiver Last. Die Belastung spezifischer kognitiver Ressourcen, insbesondere von Ressourcen zur Verarbeitung räumlicher Informationen, die durch die Fahraufgabe z.B. auf der Ebene der Trajektorien- oder Manöverauswahl beansprucht werden, wird von diesen Verfahren nicht adressiert. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Projektes NGC-FIF eine räumlich-auditive Nebenaufgabe, die SADT (Spatial-Auditory Discrimination Task) entwickelt, die vermittelt über die Verarbeitung auditiver räumlicher Informationen die Erfassung der Beanspruchung räumlicher Aufmerksamkeit, z.B. bei der Verarbeitung der aktuellen Verkehrssituation, erlaubt. Die SADT beansprucht somit keine visuellen Ressourcen die insbesondere bei der Fahraufgabe für die Verarbeitung von visuellem und visuell-räumlichen Input benötigt werden.

2. Konzeption für eine auditiv-räumliche Nebenaufgabe

Die konzipierte Aufgabe dient als Zweitaufgabe in einem Dual-Task-Setting der Erzeugung und Bestimmung von Workload unter Primäraufgabenbedingungen, die die Verarbeitung räumlicher Informationen erfordern (z. B. Fahraufgabe). Die Aufgabe (SADT) verlangt die Verarbeitung lateral präsentierter auditiver Stimuli. Die

verwendeten Stimuli sind monofrequente Töne im Bereich von 800 – 2200 Hz, mit einer Dauer von 150 ms. Für die Aufgabe sind zwei Stufen unterschiedlicher Schwierigkeit (leicht vs. schwer) zu unterscheiden, wobei für die Performanz in der leichten Bedingung eine nur geringe Abhängigkeit von anderen räumlichen Aufgaben erwartet wird, während für die schwere Bedingung eine höhere Abhängigkeit von anderen räumlichen Aufgaben erwartet wird. Die Kodierung der Töne erfolgt im Zweikanalformat derart, dass ein Ton jeweils nur einem Kanal (links vs. rechts) zugeordnet ist.

1. Leichte Bedingung:

Unter der leichten Bedingung wird ein einzelner Ton entweder auf dem linken oder auf dem rechten Kanal präsentiert. Die Aufgabe der Versuchsteilnehmenden ist es, in einer vorgegebenen Zeitspanne eine laterale motorische Antwort auf diesen Reiz zu geben, indem z.B. diejenige von zwei Tasten (links vs. rechts) betätigt wird, die dem Kanal entspricht (links. vs. rechts) auf dem der Ton präsentiert wurde.

2. Schwere Bedingung:

Unter der schweren Bedingung wird ein Doppelton präsentiert. Ein solcher Doppelton setzt sich aus zwei Tönen zusammen, von denen jeder nur auf einem Kanal (links vs. rechts) dargeboten wird. Die Töne liegen zeitlich hintereinander und sind durch ein Interstimulusintervall der Dauer 20 ms voneinander getrennt¹. Sie unterscheiden sich voneinander in ihrer Frequenz um den Wert 200 Hz. Die Aufgabe der Versuchsteilnehmenden ist es, eine laterale motorische Antwort auf den Doppelton zu geben, indem diejenige von zwei Tasten (links vs. rechts) betätigt wird, die dem Kanal entspricht, auf dem der höherfrequente der beiden Töne präsentiert wurde².

Als abhängige Maße werden die Reaktionszeit (RT) und der Anteil richtiger Antworten (% korrekt) erhoben. Für die maximal zulässige Reaktionszeit auf einen Reiz wird eine Zeitspanne von 2500 ms vorgeschlagen. Für die Dauer zwischen zwei Durchgängen, d.h. der Zeit zwischen einer motorischen Antwort bzw. der maximal erlaubten Reaktionszeit und der Präsentation eines neuen Stimulus ist kein Wert spezifiziert. Es wird vorgeschlagen, den zu wählenden Abstand mit einem statistischen Rauschen zu versehen, so dass die Intervalle zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen leicht variieren. Die Präsentation der Töne muss so erfolgen, dass eine Bestimmung des Kanals bzw. der Lateralität (links vs. rechts) der Töne durch die Versuchsteilnehmenden möglich ist, zum Beispiel über Kopfhörer.

Für die durch Versuchsteilnehmende abzugebende motorische Antwort wird vorgeschlagen, Eingabegeräte zu verwenden, die es ermöglichen laterale motorische Antworten zu geben, z.B. Taster / Tastaturen / Response Pads mit jeweils einer Taste je Hand für die lateralen Reaktionen links vs. rechts.

In Abb. 1 sind mögliche Stimuli und korrekte Antworten für die leichte Bedingung der SADT, mit nur einem einzigen Ton auf einem der beiden Kanäle (links vs. rechts) abgebildet. Abb. 2 zeigt mögliche Stimuli und korrekte Antworten für die schwere Bedingung, mit Doppeltönen bestehend aus jeweils zwei aufeinander folgenden Tönen (farbig: höherer Ton, grau: tieferer Ton), von denen jeder auf nur einem Kanal (links vs.

1. Die Tonhöhenabfolge (hoher Ton, tiefer ton vs. tiefer Ton, hoher Ton) sollte über alle Stimuli ausbalanciert werden.

2. Die Aufgabe könnte auch umgekehrt gestellt werden, so dass der Kanal für den niedrigeren der beiden Töne bestimmt werden müsste.

rechts) präsentiert wird. Hierbei sind die korrekten Antworten für die oben genannte Aufgabenstellung, dass der Kanal für den hören Ton zurückgegeben werden muss, dargestellt.



Abbildung 1. Schematische Darstellung zur leichten Bedingung der SADT (mit individuellem Ton) für Tondarbietung eines Tons auf dem linken Kanal (a) vs. rechtem Kanal (b).



Abbildung 2. Schematische Darstellung zur schweren Bedingung der SADT (mit zwei aufeinander folgenden Tönen) für Tondarbietung des höheren Tons auf dem linken und des niedrigerem Tons auf dem rechten Kanal (a) vs. der Darbietung des höheren Tons auf dem rechten und des niedrigeren Tons auf dem linken Kanal (b).

3. Literatur

- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32–64.
- Rumar, K. (1990). The basic driver error: Late detection. *Ergonomics*, 33, 1281-1290.
- Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors*, 50, 449-455.

English Version

1. Background

Driver's lack of attention for critical events in the surrounding traffic or for relevant aspects of the environment is a key factor for the occurrence of accidents and dangerous situations (see Rumar 1990). A major cause of lack of attention is the capacitive limitation of human information processing. Especially when available mental resources of drivers who are processing the current traffic situation are used to full capacity an increase in demands cannot be adequately compensated for. The concept of mental workload (see Wickens 2008) reflects this utilization of the driver's cognitive resources. According to this concept increasing mental workload limits the attention that can be payed to additional new information and can have a negative impact on driver's awareness of the current driving situation (see Endsley 1995). The design of human-machine interaction, e.g. take over requests for highly automated vehicles, must take this fact into account, thus responsibility and vehicle control should not handed over to the human drivers until their situation awareness is sufficiently high. For this purpose, detailed knowledge about the influence of various factors of the traffic situation on the mental workload is required. However, existing methods for measuring the mental workload of drivers (e.g. peripheral detection task (PDT), visual detection task (VDT), tactile detection task (TDT), N-Back-Task, backward counting) are used to record general cognitive or central cognitive load only. These procedures do not address the load of specific cognitive resources, in particular resources for the processing of spatial information required by the driving task, e.g. at the maneuvering level. For this reason, a spatial-auditory discrimination task (SADT) was developed that uses auditory spatial information to assess the demands on spatial attention or mental spatial processing without using the visual channel, e.g., when processing the current traffic situation. Thus, the SADT does not require visual resources, which are needed especially in the driving task, for processing visual and visuospatial information.

2. Conception for an auditory-spatial secondary task

The designed task serves as a secondary task in a dual-task setting for generating and determining workload under primary task conditions that require the processing of spatial information (e.g., driving task). The task (SADT) requires the processing of laterally presented auditory stimuli. The stimuli used are mono-frequency tones in the range of 800 - 2200 Hz, with a duration of 150 ms. Two levels of difficulty (easy vs. hard) are distinguished for the task, with little dependence on other spatial tasks expected for performance in the easy condition, while higher dependence on other spatial tasks is expected for the hard condition. The encoding of the tones is done in a two-channel format in such a way that a tone is assigned to only one channel (left vs. right) at a time.

1. Easy condition:

In the easy condition, a single tone is presented on either the left or right channel. The participant's task is to make a lateral motor response to this stimulus in a given amount of time, e.g., by pressing the one of two keys (left vs. right) that corresponds to the channel (left. vs. right) on which the tone was presented.

2. Hard condition:

In the hard condition, a double tone is presented. Such a double tone is composed of two tones, each of which is presented on only one channel (left vs. right). The tones are in temporal succession and are separated by an interstimulus interval of duration 20 ms. They differ from each other in frequency by the value 200 Hz. The task of the participants is to give a lateral motor response to the double tone by pressing the one of two keys (left vs. right) corresponding to the channel on which the higher frequency tone of the two tones was presented¹.

The reaction time (RT) and the proportion of correct responses (% correct) are collected as dependent measures. For the maximum allowed reaction time to a stimulus, a time span of 2500 ms is suggested. No value is specified for the duration between two trials, i.e., the time between a motor response or the maximum allowed reaction time and the presentation of a new stimulus. It is suggested that the interval to be chosen should have a statistical noise such that the intervals between successive passes vary slightly. The presentation of the tones must be such that a determination of the channel or laterality (left vs. right) of the tones is possible by the experimental participants, for example via headphones.

For the motor response to be given by the test participants, it is suggested to use input devices that allow lateral motor responses, e.g. buttons / keyboards / response pads with one button per hand for the lateral responses left vs. right.

Fig. 1 shows possible stimuli and correct responses for the easy condition of the SADT, with only a single tone on one of the two channels (left vs. right). Fig. 2 shows possible stimuli and correct responses for the hard condition, with dual tones consisting of two consecutive tones each (colored: higher tone, gray: lower tone), each presented on only one channel (left vs. right). Here, the figure shows the correct responses for the task described above, where response must correspond to the channel for the higher tone.

1. The pitch sequence (high tone, low tone vs. low tone, high tone) should be balanced over all stimuli.

2. The task could also be reversed, so that the channel for the lower of the two tones would have to be determined.

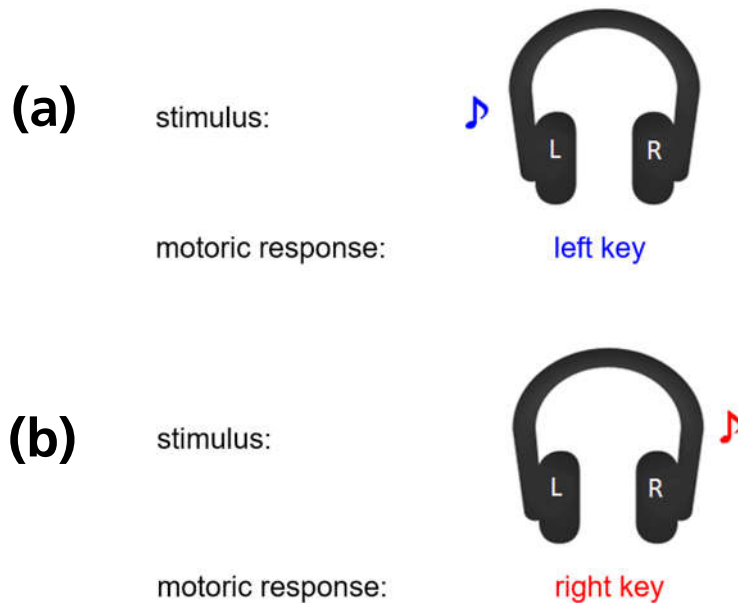


Figure 1. Schematic illustration of the easy condition of SADT (with single tone) for presentation of one tone on the left channel (a) vs. right channel (b).

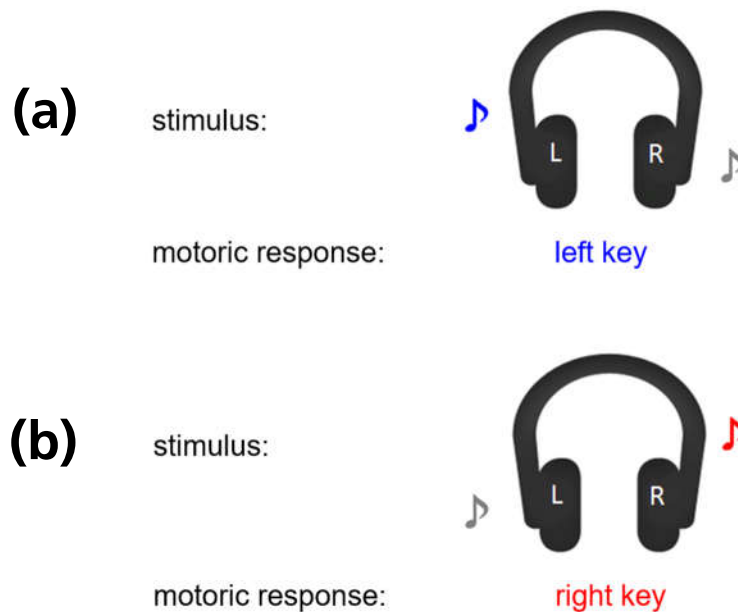


Figure 2. Schematic illustration of the hard condition of SADT (with two consecutive tones) for presentation of the higher tone on the left and the lower tone on the right channel (a) vs. presentation of the higher tone on the right and the lower tone on the left channel (b).

3. References

Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32–64.
Rumar, K. (1990). The basic driver error: Late detection. *Ergonomics*, 33, 1281-1290.
Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors*, 50, 449-455.